

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局  
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 H01J 37/28, 37/244		A1	(11) 国際公開番号 WO99/46798
			(43) 国際公開日 1999年9月16日(16.09.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/00990		(74) 代理人 弁理士 高田幸彦, 外(TAKADA, Yukihiko et al.) 〒317-0073 茨城県日立市幸町二丁目1番48号 Ibaraki, (JP)	
(22) 国際出願日 1999年3月1日(01.03.99)		(81) 指定国 JP, US 添付公開書類 国際調査報告書	
(30) 優先権データ 特願平10/56417 1998年3月9日(09.03.98) JP 特願平10/259679 1998年9月14日(14.09.98) JP 特願平10/259681 1998年9月14日(14.09.98) JP		(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP) 〒101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)	
(72) 発明者 ; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 戸所秀男(TODOKORO, Hideo)(JP/JP) 高見 尚(TAKAMI, Sho)(JP/JP) 江角 真(EZUMI, Makoto)(JP/JP) 山田 理(YAMADA, Osamu)(JP/JP) 小瀬洋一(OSE, Yoichi)(JP/JP) 工藤友啓(KUDO, Tomohiro)(JP/JP) 〒312-0033 茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会社 日立製作所 計測器事業部内 Ibaraki, (JP)		(73) その他の情報	
(54) Title: SCANNING ELECTRON MICROSCOPE			
(54) 発明の名称 走査形電子顕微鏡			
(57) Abstract			
<p>A scanning electron microscope using a retarding-field formation technique and still capable of high-efficient separation and detection of secondary electrons. The scanning electron microscope comprises an electron source, a converging lens for converging a primary electron beam emitted from the electron source, a detector for detecting electrons derived from the irradiation of a sample with the converged primary electron beam, first retarding means for slowing down the primary electron beam directed to the sample, second retarding means for slowing down the electrons emitted from the sample, and a deflector for directing the electrons from the second retarding means toward the detector.</p>			

## (57)要約

本発明は、減速電界形成技術（リターディング）を用いた走査電子顕微鏡においても、二次電子を高効率に分離し、検出する装置に係るものである。

この目的は電子源と、該電子源から放出される一次電子線を収束するための収束レンズと、該収束レンズによって収束された一次電子線の試料に対する照射に起因して発生する電子を検出するための検出器と、前記試料に照射される一次電子線を減速するための第1の減速手段と、前記試料から発生した電子を減速する第2の減速手段と、当該第2の減速手段で減速された電子を前記検出器に偏向する偏向器を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡の提供により達成される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英國	LT	リトアニア	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルク	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴー
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BI	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサオ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ		共和国	TR	トルコ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TT	トリニダンド・トバゴ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CG	コンゴー	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジエール	VN	ヴィエトナム
CN	中国	IS	イスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴースラビア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国	RU	ロシア		

## 明細書

## 走査形電子顕微鏡

## 5 技術分野

本発明は、走査電子顕微鏡に関し、特に低加速電圧の領域で分解能の高い走査像を得るのに好適な走査形電子顕微鏡に関する。

## 背景技術

10 走査形電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: 以下 S E M とする) は、加熱形または電界放出形の電子源から放出された電子を加速し、静電または磁界レンズを用いて細い電子ビーム (一次電子線) とし、この一次電子線を観察する試料上に二次元状に走査し、一次電子線照射で試料から二次的に発生する二次電子または反射電子等の二次信号電子を検出  
15 し、検出信号強度を一次電子線の走査と同期して走査されるブラウン管の輝度変調入力とすることで二次元の走査像を得る装置である。

一般の S E M では、負電圧を印加した電子源から放出された電子を接地電圧の陽極で加速し、接地電圧にある検査試料に一次電子線を走査する。

昨今の半導体の微細化により、S E M が光学顕微鏡に代わって、半導体  
20 素子製作のプロセスまたはプロセス完成後の検査 (例えば電子ビームによる寸法測定や電気的動作の検査) に使われるようになってきた。

この S E M の観察対象となる半導体試料は、一般に A l や S i などの導電体の上に電気絶縁物を積層して構成される。このような試料に電子線を照射すると、試料が表面が帶電 (チャージアップ) し、放出される 2 次電子の軌道が変化したり、一次電子線そのものの軌道が変化するようになる  
25 。この結果、S E M 像に異常コントラストが生じたり、歪みなどが発生したりする。このようなチャージアップによる影響を低減するには、照射さ

れる電子線のエネルギーを低く抑えることが必要である。

しかしながら、電子線のエネルギー（加速電圧）を低くすると、電子線のエネルギーのばらつきに起因する色収差により分解能が著しく低下し、高倍率での観察が難しくなるという問題があった。

5 このような問題を解決するための手段として、特開平 6-139985 号公報に電子線に対する減速電界形成技術（以下リターディングとする）が開示されている。

リターディングは、電子源と陽極間での加速電圧は高く設定し、更に試料に負電位を印加することによる減速電界の形成によって、最終的に比較10 的低い加速電圧に設定し、色収差の低減とチャージアップの防止を両立させる技術である。

#### 発明の開示

15 このようにリターディングの技術は、試料のチャージアップを低減しつつ、低収差、高分解能を実現し得る技術であるが、以下のような問題を有している。

試料に負電圧を印加した場合に形成される減速電界は、一次電子線に対して減速作用を与える反面、試料から発生する 2 次電子や反射電子に対して加速作用を与えることになる。つまり 2 次電子も反射電子と同様に、強いエネルギーをもって電子源の方向に飛ばされることになる。

20 このような強いエネルギーを持った電子を検出する手段として、特開平 6-139985 号公報に開示された技術がある。この公報には一次電子線の通過開口を備えたマイクロチャンネルプレート (Micro Channel Plate: MCP) の検出面を試料に対抗するように配置する技術が開示されている。また反射電子を選択的に検出するためにエネルギーフィルタをマイクロチャンネルプレートの検出面と、試料との間に配置することが開示されている。

他にも、特開平 9-171791 号公報に開示されているように、一旦反射板に強いエネルギーを持つ電子を衝突させ、2次電子に変換した後に検出器に導いて検出する技術や、特開平 8-124513 号公報に開示されているように、電子増倍管に直接電子を衝突させて検出する技術がある。

5 しかしながらこれらの検出原理からなる走査形電子顕微鏡では、2次電子と共に反射電子も同じ検出器で併せて検出してしまうことになり2次電子と反射電子を明確に分離できないという問題がある。

また特開平 6-139985 号公報に開示の技術によれば、エネルギーフィルタの存在により、反射電子のみの検出、或いは二次電子と反射電子を併せて検出することはできるものの、減速電界によって加速された2次電子を単独で検出することや、互いの電子の情報が混入しない状態での反射電子と二次電子を別々に、しかも同時に検出することができなかつた。

10 2次電子や反射電子は個々に固有の情報を持ち、これらを分離して検出することで、試料のより詳細な情報を得ることが可能になり、これらを分離して検出することが望まれている。

また2次電子と反射電子を独立して検出する技術が特開平 7-192679 号公報に開示されている。この文献の開示によれば、2次電子を偏向するための偏向器によって2次電子と反射電子の軌道を分離し、この分離軌道上にそれぞれの検出器を配置することによって2次電子と反射電子をそれぞれ独立に検出することが開示されている。

しかしながらこの技術にリターディングを採用すると、2次電子も反射電子と同様に強いエネルギーを持つことになるので、2次電子と反射電子の軌道の差がわずかなものになり、明確に2次電子と反射電子を分離できないという問題がある。

25 以上のように上記いずれの文献に開示された技術においても、リターディング技術の適用により、2次電子を反射電子と分離して検出することが困難になるという問題があった。

本発明は、試料の帯電を低減し、低収差高分解能を実現し得るリターディング技術を採用しつつ、2次電子の分離検出を可能ならしめる走査形電子顕微鏡の提供を目的とするものである。

以上、本発明の目的は、電子源と、該電子源から放出される一次電子線を収束するための収束レンズと、該収束レンズによって収束された一次電子線の試料に対する照射に起因して発生する電子を検出するための検出器と、前記試料に照射される一次電子線を減速するための第1の減速手段と、前記試料から発生した電子を減速する第2の減速手段と、当該第2の減速手段で減速された電子を前記検出器に偏向する偏向器を備えたこと

10 を特徴とする走査形電子顕微鏡の提供により達成される。

上記構成によれば、リターディングを採用した走査形電子顕微鏡であっても、一次電子線の照射によって発生する電子の内、エネルギーの低い電子（2次電子等）を選択的に検出することが可能になる。

## 15 図面の簡単な説明

図1は、本発明実施例の走査形電子顕微鏡の構成を示す図である。図2は、二次電子を軸外に偏向させる第1検出器の構成を説明する図である。図3は、低エネルギーの二次電子を選択的に検出する構成を説明する図である。図4は、高エネルギーの二次電子を選択的に検出する構成を説明する図である。図5は、本発明の他の実施例である走査電子顕微鏡の構成図である。図6は、本発明の他の実施例である走査形電子顕微鏡の全体構成図である。図7は、図1の走査形電子顕微鏡の二次電子の検出原理を説明する図である。図8は、図6の走査形電子顕微鏡の二次電子の検出原理を説明する図である。図9は、本発明実施例の二次電子検出器の横断面図である。図10は、本発明実施例の二次電子検出器の縦断面図であり、二次電子をシンチレータ中央部に収束する電極構造を説明する図である。図11

は、本発明実施例の二次電子検出器の縦断面図であり、二次電子をシンチレータ中央部に収束する電極構造を説明する図である。図 1 2 は、二次信号検出器の一次電子の減速領域にバトラー形の電極を用いた例を示す図である。図 1 3 は、試料の帯電で起こる問題（二次電子の不検出）を説明する図である。図 1 4 は、本発明実施例のリターディングと後段加速を採用した低加速電圧走査顕微鏡本発明を示す図である。図 1 5 は、表面補正電圧による問題の解決法を説明する図である。図 1 6 は、表面補正電圧と二次電子増倍管出力の関係を説明する図である。図 1 7 は、二次電子増倍管出力の明るさと振幅を自動的に制御する回路を説明する図である。図 1 8 は、明るさと振幅を自動的に制御する回路を走査形電子顕微鏡に組み込んだときの表面補正電圧と二次電子増倍電圧の関係を説明する図である。図 1 9 は、減速電界を形成するための他の手段を説明するための図である。図 2 0 は、減速電界を形成するための他の手段を説明するための図である。

#### 15 発明を実施するための最良の形態

本発明実施例装置は、試料のチャージアップの抑制と共に、高分解能、低収差を目的としたリターディング技術を採用した走査形電子顕微鏡において、リターディングにより加速される電子を減速する減速電界を形成し、当該減速電界によって減速された二次信号を検出する走査形電子顕微鏡に関するものである。以下図面を参照しながら本発明の実施例について説明する。

#### （実施例 1）

図 1 は、本発明実施例の走査電子顕微鏡を構成を示す図である。電界放出陰極 1 と引出電極 2 との間に引出電圧 3 を印加すると、放出電子 4 が放出される。放出電子 4 は、引出電極 2 と接地電圧にある陽極 5 の間でさらに加速（減速の場合もある）される。陽極 5 を通過した電子ビーム（一次

電子ビーム 7 ) の加速電圧は電子銃加速電圧 6 と一致する。

陽極 5 で加速された一次電子ビーム 7 はコンデンサレンズ 14 , 上走査偏向器 15 , 下走査偏向器 16 で走査偏向を受ける。上走査偏向器 15 , 下走査偏向器 16 の偏向強度は、対物レンズ 17 のレンズ中心を支点として試料 12 上を二次元走査するように調整されている。偏向を受けた一次電子ビーム 7 は、対物レンズ 17 の通路に設けられた加速円筒 9 でさらに後段加速電圧 22 の加速をうける。

後段加速された一次電子ビーム 7 は、対物レンズ 17 のレンズ作用で試料 12 上に細く絞られる。対物レンズ 17 を通過した一次電子ビーム 7 は 10 、試料 12 に、試料ホルダ 100 を介して印加される負の電圧（以下リターディング電圧 13 とする）で対物レンズ 17 と試料 12 間に作られる減速電界で減速されて試料 12 に到達する。

8 は一次電子ビーム 7 の開口角を制御する絞りで調整つまみ 10 によって軸合せができるようになっている。19 は試料 12 を XY に移動する 15 ための XY 移動機構で、この上に絶縁板 21 で絶縁されたホルダ 100 が置かれ、これにリターディング電圧 13 が印加されている。このホールダ 100 に試料（例えばウエハ）を載せる。載ることで試料 12 にもリターディング電圧 13 が印加される。

この構成によれば、対物レンズ 17 を通過するときの一次電子ビーム 7 の加速電圧は、電子銃加速電圧 6 と後段加速電圧 22 で、試料 12 に入射する加速電圧（電子銃加速電圧 6 - リターディング電圧 13 ）より高くなっている。この結果、試料に入射する加速電圧の一次電子ビーム（電子銃加速電圧 6 - リターディング電圧 13 ）を対物レンズ 17 で絞る場合に比較し、より細い電子ビーム（高い分解能）が得られる。

25 これは対物レンズ 17 の色収差が減少することによる。典型的な例では、電子銃加速電圧 6 を 2 kV 、後段加速電圧 22 を 7 kV 、リターディング電圧 13 を 1 kV とする。この例では、一次電子ビーム 7 は対物レンズ 1

7 内を 9 kV で通過し、試料に入射する加速電圧は 1 kV になる。この例での分解能は、1 kV そのものを絞ったときの分解能 10 nm に比較すると、約 3 分の 1 の 3 nm に改善される。

一次電子ビーム 7 が試料 12 を照射すると二次信号 23 が発生する。

5 ここで発生する二次信号 23 は二次電子と反射電子に大別される。

対物レンズ 17 と試料 12 間に作られている電界は、発生した二次信号 23 に対しては加速電界として作用するため、対物レンズ 17 の通路内に吸引され、対物レンズ 17 の磁界でレンズ作用を受けながら上昇する。対物レンズ 17 内を通過した二次信号 23 は走査偏向器（15、16）を通過する。

本発明実施例に開示された走査形電子顕微鏡では、走査偏向器を通過した二次信号 23 は、静電偏向器 41a, 41b 間で形成される減速電界によって減速される。

この静電偏向器 41a, 41b には、偏向電圧（偏向負電圧 46 と偏向正電圧 47）の中点に、試料 12 に印加されているリターディング電圧 13 が供給されている。

以下に本実施例における二次信号 23 の検出原理について説明する。なお電子銃加速電圧 6 を 2 kV、後段加速電圧 22 を 7 kV、リターディング電圧 13 を 1 kV とした場合について説明するが、この数値に限られるものではない。

試料 12 で発生した二次信号 23（放出エネルギーは 0 から約 10 V に分布し、約 2 V にピークをもつ二次電子と放出エネルギーが 1 kV の反射電子）は、試料 12 に印加されたリターディング電圧 13 と後段加速電圧 22 で加速され、二次電子は 8 kV で、反射電子は 9 kV で対物レンズ 17 を通過する。

後段加速電極 9 を通過すると二次信号 23 は減速され、二次電子は 1 kV に、反射電子は 2 kV になる。下検出器の静電偏向電極 41a, 41b

の中点にリターディング電圧 13 が印加されているため、静電偏向器 41a と 41b で作られる領域に入る時点でさらに減速を受け、二次電子、反射電子とも放出時のエネルギーになる（二次電子：0～約 10V、反射電子：約 1kV）。即ちリターディング電圧 13 の加速分がここで相殺される  
5 。

エネルギーの低い二次電子 50 のみが静電偏向電極 41a、41b の作る電界で偏向され、メッシュ状の静電偏向電極 41b を通過して、シンチレータ 43 を光らせ、ライトガイド 44、光電子増倍管 45 に導かれて電気信号に変換、增幅される。ここで検出されるのはエネルギーの低い二次電子である。なお磁界偏向コイル 40a、40b は静電偏向電極 41a、41b による一次電子ビーム 7 の偏向を補正するように作用する。  
10

一方、反射電子 51 は、静電偏向器 41a と 41b とで形成される減速電界による減速をうけてもなお、約 1kV のエネルギーを持っている。このため静電偏向電極 41a、41b の作る電界でほとんど偏向されることなく第 1 検出器 34 を通過する。反射電子 51 は、リターディング電圧 13 による加速を受けて、約 2kV で第 2 検出器 35 に入り、反射板 29 に衝突する。ここで発生した二次電子 30 は静電偏向電極 31a、31b で偏向され、メッシュ状の静電偏向電極 31b を通過して、検出される。静電偏向電極 31b はメッシュ状で、偏向された二次電子 30 が通過できるようになっている。33a、33b は磁界偏向コイルで、静電偏向電極 31a、31b の作る電界と直交する磁界を発生させ、静電偏向による一次電子ビーム 7 の偏向を打消すようになっている。ここで検出される信号は反射電子 51 の情報を反映したものになる。  
15  
20

なお、反射板 29 は中央に一次電子ビーム 7 を通過させる開口を持った導電性の板である。反射電子 51 が衝突する面は二次電子の発生効率のよい物質、例えば金蒸着面になっている。  
25

メッシュ状の静電偏向電極 31b を通過した二次電子は正の 10kV

高電圧が印加されたシンチレータ 3 2 に吸引され、シンチレータ 3 2 に衝突し、光を発生する。この光をライトガイド 2 4 で光電子増倍管 1 8 に導き、電気信号に変換し、増幅する。この出力でブラウン管の輝度変調を行う（図示せず）。

5 以上のような構成によれば、第 1 検出器 3 4 で 2 次電子 5 0 を検出し、第 2 検出器 3 5 で、反射電子 5 1 の情報を反映した 2 次電子を検出できる。なお、反射板 2 9 のかわりにチャンネルプレート検出器を配置し、衝突した反射電子を直接検出するようにしても良い。

従来の反射板を備えた走査形電子顕微鏡では、反射電子と 2 次電子の両 10 方を検出することができても、両方の電子が混在してしまい、例えば反射電子のみをもって試料像を形成したい場合であっても、二次電子の情報に邪魔されて結果として試料像に反射電子の情報が十分に反映されないと いうような問題があった。

また従来のチャンネルプレート検出器を用いた走査電子顕微鏡では、チ 15 ャンネルプレートと試料との間に配置されるエネルギーフィルタの調節によつて、反射電子のみ、或いは 2 次電子と反射電子を合成して検出することができるが、反射電子と 2 次電子をそれぞれ、独自に検出することができず、例えば反射電子と二次電子のそれぞれの試料像を得たい場合、反射電子像を形成するための電子線走査と、2 次電子像（但しこの場合、反射 20 電子が混入する）を得るために電子線走査を行なう必要があり、スループットの問題、及び電子線の照射時間が長時間に及ぶことによる試料の帶電の問題があった。

また、場合によっては、反射電子の影響によって、二次電子が作るコン トラストを消してしまうことも有り、反射電子が混入しない 2 次電子を検 25 出できる走査形電子顕微鏡が望まれる。

本発明実施例の走査形電子顕微鏡によれば、以上の問題をすべて解決し、リターディング技術により、二次信号を加速させた場合であっても、2

次電子と反射電子を分離した上でかつ同時に、或いは反射電子のみ、2次電子のみを検出することが可能になる。

また、反射電子は二次電子に比較して直進性、透過性に優れているので、半導体デバイスに形成されたコンタクトホールの底部を観察するのに適5している。

反射電子は物質間のコントラストをより明確に付けることができるので、例えば半導体デバイス上のレジストの残渣の有無を確認できる。また半導体デバイス上で、デバイスを構成する材料とは異なる部材で形成される位置合わせマークを明確に検出し、当該検出に基づく正確な位置合わせ10を行なうことできる。

一方、二次電子は反射電子に比べて信号量が多いので、コンタクトホール周辺の試料表面の微細構造を観察するのにすぐれている。本発明実施例の走査形電子顕微鏡によれば、コンタクトホールの底の観察と、コンタクトホールの周辺部の詳細な観察を同時に実現できる。この場合、第1検出器34で得られた電子に基づく試料像を“試料表面の像”とし、第2検出器35で得られた電子に基づく試料像を“コンタクトホール像”として図示しない表示装置上に同時に表示することもできる。

更に光電子増倍管18、45から出力された信号の比率を調節して、反射電子と2次電子の合成像を形成することもできる。この場合、反射電子と2次電子は、同時に検出することができるの、同じ条件の試料から発生した反射電子と2次電子の情報に基づく合成像を形成することが可能になる。また本発明実施例の走査形電子顕微鏡では、例えば2次電子と反射電子を別々に検出し、それぞれの電子で得られた試料像をフレームメモリ（図示せず）に記憶させた上で、合成比率の調節ができるので、合成像25の比率調整のために、試料に電子線を照射し続ける必要もない。更に、2次電子像や反射電子像の夫々に適した画像処理等を行なった上で、合成像形成を行なうことができる。

また、これまでの説明では 2 次電子と反射電子を明確に分離して検出する例について説明したが、必ずしもこの例に限られることはない。例えば、試料に印加されるリターディング電圧より、静電偏向電極 4 1 a, 4 1 b に印加されるリターディング電圧を若干弱くすれば、反射電子 5 1 と共に若干量の 2 次電子が反射板 2 9 に衝突し、二次電子に変換されて第 2 検出器で検出される。即ち第 1 検出器 3 4 では低い加速電圧を有する 2 次電子を検出し、第 2 検出器 3 5 では高加速電圧の 2 次電子と反射電子を検出するようにしても良い。

このように検出したとしても第 2 検出器 3 5 で検出された電子によつて形成される試料像は、第 1 検出器 3 4 のそれに比べて反射電子の情報を強く反映した像であり、例えば半導体検査の際、コンタクトホールを含む試料領域や、レジストの残渣を観察したい場合には第 1 検出器 3 4 を用い、試料表面に形成されたパターン形状の確認や、その寸法を測定を望む場合は、第 2 検出器 3 5 を用いるとすれば、特に複雑な制御をしなくても、所望の対象の観察モード（コンタクトホール観察モード、パターン観察モード等）の切り替えを行なうことができる。

本実施例では、加速円筒 9 を備えた装置として説明したが、この加速円筒 9 がなくても同様な効果が得られることはもちろんである。また、試料 1 2 へのリターディング電圧 1 3 の印加がない場合でも同様である。すなわち、両者が同時に装着されていることは必須条件ではなく、それそれが単独であってもよく、両者が装着されていない構造でもよい。また減速電界形成技術は上記したもの以外にも種々のものがある。それについては後述する。

## 25 (実施例 2)

図 2 に第 1 検出器 3 4 の光軸に直交する断面を示した。静電偏向器 4 1 a, 4 1 b は円筒を縦割りにした構造をしている。静電偏向器 4 1 b は

メッシュで偏向した二次電子 50 が通過できるようになっている。二次電子 50 を偏向する電界 E は偏向負電圧 46 と偏向正電圧 47 で作る。通常、この偏向正電圧 46, 偏向負電圧 47 は同じ値である。46 と 47 の中点にリターディング電圧が印加されている。

5 偏向コイル 40a, 40b は電界 E と直交する偏向磁場 B を作る。この磁場は、一次電子の偏向電界 E による偏向を打消すように強度と方向が調整される。

この磁場は二次電子 50 に対しては偏向を強めるように働く。静電偏向器 41b の外周にフィルターメッシュ 42 が設置されている。これは二次 10 電子 50 を放出エネルギーの差で分離するためのもので、46, 47 の中点に対して（リターディング電圧に対して）フィルター電圧 48 を与えることでエネルギーの分別を行う。

正電圧を与えると、総てのエネルギー範囲の二次電子を通過させ、負電圧を与えることで負電圧に相当するエネルギー以下の二次電子を追い返すため、フィルターメッシュ 42 を通過する二次電子は高いエネルギーを持つもののみになる。フィルターメッシュ 42 を通過した二次電子は、10 kV が印加されたシンチレーター 43 に吸引、加速され、シンチレーター 43 を光らせる。発光した光はライトガイド 44 に導かれる。

尚、図 1 において静電偏向器 41a, 41b の中点に印加しているリターディング電圧 13 を OFF とし、二次電子も上方に導き、第 2 検出器 35 で二次電子、反射電子の両方を検出するようにすることも可能である。

### （実施例 3）

図 1 の実施例では、第 1 検出器 34 の静電偏向器 41a と 41b の中点 25 にリターディング電圧を印加したが、これに電圧を重畠することでも二次電子のうちの特定なエネルギーを選択して検出することが可能になる。図 3 を用いてその検出原理を説明する。

この構成によれば、エネルギーの低い二次電子を、選択的に検出できる。静電偏向器 41a と 41b の上下に上メッシュ 54 と下メッシュ 55 が設置され、静電偏向器 41a と 41b の偏向電圧 46, 47 の中点に接続されている。この例では重畠電圧 53 に正電圧を印加する。この電圧は例 5 えれば 5V とする。

この状態では静電偏向器 41a と 41b の中点には、試料に印加されるリターディング電圧（負電圧）に重畠電圧 53（正電圧）が加算された電圧が印加される。こうすると静電偏向器 41a と 41b の領域内での二次電子のエネルギーは、図 2 の例と比較すると 5V 高くなる。放出エネルギーの高い二次電子はよりエネルギーが高くなるため偏向量が少なくなり、図に示すように検出されることなく通過してしまう。この例のようにリターディング電圧に正電圧を重畠することで放出エネルギーの低い二次電子を選択的に検出することが可能となる。

この実施例では、上下にメッシュ 54, 55 を設置したが、これを省略 15 しても同様な性能を得ることができる。また、この上下メッシュの中央には一次電子ビームを通過させる開口が設けられている。

なお、このような場合においてエネルギーの高い二次電子の軌道上に第 2 検出器 35 を配置しておけば、第 1 検出器 34 でエネルギーの低い二次電子を検出し、第 2 検出器 35 でエネルギーの高い二次電子を検出することが可能になる。また第 2 検出器で反射電子を含まないエネルギーの高い 2 次電子のみを検出したい場合は、反射板 29 を外しておくと良い。反射板は、反射電子検出の要否に応じて光軸外から挿入可能に設置しておいても良い。このように観察試料の組成や観察目的に応じて、検出器の位置や反射板を設定することもできる。

た例を示す図である。図 3 の例と異なり重畠電圧 5 3 を負電圧とする。この結果、エネルギーの低い二次電子は下メッシュ 5 5 で追い返されてしまうため、検出される二次電子は下メッシュ 5 5 を通過できるエネルギーを持った高エネルギーの二次電子のみになる。またこの例の場合、反射板 2 5 9 を備えた第 2 検出器 3 5 では反射電子が検出されるので、第 1 検出器 3 4 ではエネルギーの高い二次電子が検出され、第 2 検出器 3 5 では反射電子が検出されることになる。

本発明実施例の走査電子顕微鏡によれば、リターディング電圧によって加速された二次信号を、一旦減速した上で、軸外に配置された検出器に偏 10 向しているので、大きな偏向電界を形成する必要がない。このような状態となれば、静電偏向電極 4 1 a, 4 1 b 間に弱い電位差を生じさせるだけで、2 次電子を選択的に静電偏向電極 4 1 b 側に導くことができる。

このように構成することによって、試料 2 4 と対物レンズ 1 7 の間に形成される加速電界（2 次信号から見た場合）と同じ大きさの減速電界を、 15 試料と、静電偏向電極 4 1, 4 2 の間に形成することができるので、静電偏向電極 4 1, 4 2 を通過する 2 次電子と反射電子は、レターディングを行わないときと、同等の状態となる。

この静電偏向電極 4 1 a, 4 1 b の間に形成する偏向電界は弱く設定することが望ましい。この間に働く偏向電界は 2 次信号だけでなく、一次電子線をも偏向してしまい、軸外収差の発生原因となるからである。

なお、本発明実施例装置では、静電偏向器によって偏向された一次電子線の軌道を、静電偏向器が形成する偏向電界と直交する方向に磁界を形成することによって元に戻すような工夫（直交電磁界発生器：特開平 9-17 1791 号公報に開示されている）がなされているが、あまり静電偏向器の 25 偏向力を大きくすると、一次電子線がエネルギー分散してしまい収差発生の原因ともなるので、直交電磁界発生器を採用したとしても、静電偏向電極 4 1 a, 4 1 b の間に形成する偏向電界は弱く設定することが望ましい

## (実施例 5 )

図 5 は本発明の他の例を示す図である。この実施例では、対物レンズ 1  
5 7 の磁路が上磁路 2 5 と下磁路 2 6 に分割されている。上磁路 2 5 には、  
後段加速電圧 2 2 が印加され、上磁路 2 5 が後段加速電極を兼ねている。  
このような構成によれば、別途後段加速電極を設けた場合と比較して、対  
物レンズの軸と後段加速電極との軸ずれが発生する可能性を減少させ  
ることが可能になる。

10 また、この例では、試料 1 2 と対物レンズ 1 7 の間に制御電極 2 7 が設  
置されている。この制御電極 2 7 には、試料 1 2 と同じ電圧が印加されて  
いる。このように形成することによって、絶縁物試料の表面が試料 1 2 と  
対物レンズ 1 7 との間で印加された電界で電気的に浮いてしまうことを  
防ぐ。この制御電極 2 7 の設置により、試料ホルダ 1 0 0 に印加された電  
15 圧と同等の電位を試料に印加することが可能になる。

またこの実施例の反射板 2 9 はシンチレータ 3 2 に向かって傾斜され  
、反射電子の衝突による二次電子発生効率の向上を計っている。

## (実施例 6 )

20 図 6 は、本発明実施例の走査電子顕微鏡を構成の他の例を示す図である  
。図 1 と共通する番号を持つ構成要素の説明は省略する。ライナーチュ  
ーブ 1 0 6 は上走査偏向器 1 5 、下走査偏向器 1 6 より光軸側に配置され  
ている。ライナーチューブ 1 0 6 は接地電位である。

本実施例の走査形電子顕微鏡では、第 1 検出器 3 4 の静電偏向器 4 1 a  
25 と 4 1 b に換えて、電子源方向に向かって電極間間隔が狭くなる静電偏向  
電極 1 0 1 a 、 1 0 1 b を設けている。以下に図 1 で用いられている静電  
偏向器 4 1 a と 4 1 b との違いについて説明する。

図7 (A) は、図1の静電偏向電極41a、41bの周辺部の構造を示す図であり、(B) は軸上の電位分布である。試料に印加されたリターディング電圧(図示せず)によって加速された二次電子102は、二次電子検出部103で減速される。即ち、二次電子検出部103には試料12と5 ほぼ同じ電圧が印加されており、二次電子102は二次電子検出部103の加速減速領域104で10eV程度まで減速される。

減速された二次電子102は試料電圧を基準として負電圧を印加した静電偏向電極41aと正電圧を印加した静電偏向電極41bで偏向される。静電偏向電極41bはメッシュ状で、偏向された二次電子5が通過できるようになっている。40aは磁界偏向コイルで、静電偏向電極41a, 41bの作る電界と直交する磁界を発生させ、静電偏向による一次電子ビームの偏向を打消すようになっている。

メッシュ状の静電偏向電極41bを通過した二次電子5は正の10kV高電圧が印加されたシンチレータ43に吸引され、シンチレータ43に15 衝突し、光を発生する。

リターディング電圧13が低電圧(例えば数百V以下)の場合には二次電子102は静電偏向電極41a, 41bの作る偏向電界によって効率よく静電偏向電極41bに偏向される。しかし、リターディング電圧13が高電圧(例えば数百V以上)になると、入口領域104から静電偏向電極20 41a, 41bの間に浸透する減速電界は、静電偏向電極41a, 41bの作る偏向電界よりも強くなり、二次電子102は試料12の方向に引き戻される場合がある。

この現象は、走査偏向器15, 16による偏向を受けて光軸から大きく外れた二次電子5を取り込むために、静電偏向電極41aと41bの電極25 間隔を広く(三次元的には径を大きく)した場合に特に顕著となる。

同様の電界の浸透は加速減速領域105にも発生し、静電偏向電極41aと41bの間に進んだ二次電子102は偏向領域を通り越して、加速減

速領域 105 を突き抜ける場合がある。

以上のような課題を解決するために、本発明実施例では、上記した電子源方向に向かって電極間間隔が狭くなる静電偏向電極 101a、101b を設けている。その詳細を図 8 を用いて説明する。図 8 (A) は電子源方向に向かって電極間間隔が狭くなる静電偏向電極 101a、101b の周辺部の構造を示す図であり、(B) は軸上の電位分布である。

横方向電界を生成する静電偏向電極 101a、101b の下端の間隔は光軸から大きく外れた二次電子 5 を取り込めるように広くなっている。静電偏向電極 101a と 101b の間の偏向領域の上半部では、電極間隔が狭いため、偏向電界は下半部に比べて強くなる。取り込まれた二次電子 5 は偏向領域の上半部の比較的強い偏向電界によって高効率に静電偏向電極 101b に偏向される。

このような電極構造によれば、電子線光軸から外れた二次電子をも広く取り込めるようになると共に、二次電子を高効率に検出器に導くことができるようになる。

また、これまで説明してきたように二次電子を偏向する領域は試料とほぼ同電位となるため、加速減速領域 107 (入口)、105 (出口) にはそれぞれ強い減速電界と加速電界が発生する。この強い電界が静電偏向電極 101a、101b の偏向領域内に及ぶと、先に説明したように二次電子が試料側に引き戻されたりする場合があるので、本発明実施例の走査形電子顕微鏡では、静電偏向電極 101a、101b 内に及ぶ電界の影響を軽減するために、加速減速領域 107 に、リターディング電圧およびブースティング電圧とは独立に電圧制御できる減速電極 108 を設置し、偏向領域への減速電界の浸透を制御する。

この減速電極 108 (中間電極) を設置することで、試料から上ってきた二次電子 102 は、多段階 (本実施例の場合、107a、107b の 2 段階) に減速することになる。このため、減速電極 108 がない場合に比

較して静電偏向電極 101a、101b 内への電界の影響を緩和することができる。

更に減速電極 108 にはメッシュ 109 を張ることにより、より効果的に減速電界の浸透が制御できる。なお、メッシュ 109 において光軸上に 5 は一次電子 110 が通過する開口を設ける。

上記実施例の記載によれば、静電偏向電極 101a と 101b は電子源方向に向かって電極間間隔が狭くなるものとして説明したが、電子源の方にいくに従って、内径の細くなる筒状電極を縦割りにしたような構造であっても良いし、平板状の 2 枚の電極間間隔を電子源方向にいくに従って、10 狹くするような構造でも良い。また電極は必ずしも 2 つである必要はなく、それ以上であっても良い。

なお、ライナーチューブ 106 は、必ずしも接地電位である必要はなく、例えば加速円筒として用いても良いが本実施例の場合、偏向領域への減速電界の浸透を緩和すべく、接地電位としている。

15

#### (実施例 7)

図 9 は、二次信号を減速する減速電界を形成するための電界形成手段の他の例を示す図である。

この図では、二次電子検出部 103 の光軸に直交する断面を示した。この図では表現されていないが静電偏向電極 101a、101b は円錐台側面を縦割りにした構造をしている。静電偏向電極 101b はメッシュで偏向した二次電子 102 が通過できるようになっている。二次電子 102 を偏向する電界 E はリターディング電圧 13 で浮かした偏向電圧 46 (負) と偏向電圧 47 (正) で作る。偏向コイル 111 は電界 E と直交する偏向 25 磁場 B を作る。この磁場は、一次電子の偏向電界 E による偏向を打消すよう うに強度と方向が調整される。この磁場は二次電子 102 に対しては偏向を強めるように働く。

なお、本実施例装置で採用されている偏向コイル 111 は、4 つのコイルで構成され、これらコイルをそれぞれ独立に制御することで、偏向磁場 B による偏向方向、及び強度を調節できる構造となっている。このように構成することで、電界 E と磁場 B の直交度の補正を行なうことができる。

5 静電偏向電極 101a 及び 101b の外周には、静電偏向電極 101b のメッシュを透過してきた二次電子 102 をシンチレータ 43 に導くための反射壁電極 112 を設置している。

反射壁電極 112 は静電偏向電極 101a と同電位であってもよいため、一体構造とすることも出来る。静電偏向電極 101b を通過した二次 10 電子 102 は、10 kV が印加されたシンチレータ 43 に吸引、加速され、シンチレータ 43 を光らせる。

本発明実施例装置によれば、静電偏向電極 101a, 101b はリターディング電圧 13 が印加されているため、電子顕微鏡の鏡筒（図示せず）との間に電位差が生まれ、試料から上ってきた 2 次信号が周囲に飛散する 15 恐れがあるが、静電偏向電極 101a, 101b を包囲するように反射壁電極 112 を配置することによって、そのような弊害を解消することができる。

#### （実施例 8）

20 図 10、図 11 には、静電偏向電極 101b を通過した二次電子 102 をシンチレータ 43 に導く二次電子収束筒電極 113 を示す。二次電子 102 は静電偏向電極 101b のメッシュ全体を通過してくることから、メッシュに比べて有効面積の狭いシンチレータ 43 に高効率で取り込むため、二次電子収束筒電極 113 を用いて二次電子 102 を収束させる。

25 図 10 は静電偏向電極 101b を通過した二次電子 102 を絞って、直接シンチレータ 43 に入射する方式である。二次電子収束筒電極 113 にリターディング電圧 13 を印加すると、接地されたシンチレータ外筒 11

4 からの加速電界を受けて、二次電子 102 は二次電子収束筒電極 113 の中央部に位置するシンチレータ 43 に収束する。

一方、図 11 は静電偏向電極 101b を通過した二次電子 102 を直進加速し、一旦、二次電子収束筒電極 113 の内面あるいはシンチレータ外筒 114 に衝突させ、新たな二次電子 115 を生成する方式である。

静電偏向電極 101b に面する二次電子収束筒電極 113 の開口にメッシュ 116 を張り、静電偏向電極 101b による電界が二次電子収束筒電極 113 の内部に浸透することを防止する。これにより、約 10 kV の電圧 117 が印加されたシンチレータ 43 からの引き込み電界が二次電子収束筒電極 113 の内部に浸透し、二次電子 115 はシンチレータ 43 に効率よく補足される。

#### (実施例 9)

図 12 は、二次電子検出部 103 に加えて反射電子検出部 118 についてもリターディング電圧 13 が印加される例を示す図である。一次電子ビーム 110 はバトラー形の減速レンズ 119 で減速され、反射電子検出部 118 および二次電子検出部 103 の内部を通過し、減速電極 108 の領域で加速される。

電子銃加速電圧を 2 kV に対してリターディング電圧 13 は 1 kV と大きい上に、反射板 29 の光軸上に開いた一次電子ビーム 110 を通すための開口は 1 mm 程度の小さな径であるため、収差が発生しやすく、一次電子ビーム 110 のビーム径が増大する恐れがある。しかしバトラー形の減速レンズ 119 を導入することで、収差の発生を抑えたまま、一次電子ビーム 110 を減速することが出来る。反射電子検出部 118 と二次電子検出部 103 はメッシュ電極 120 で分離する。偏向電極電圧 121 より数十 V 高い負電圧 122 を印加することにより、二次電子 102 が反射電子検出部 118 に透過することを防止する。また、逆に、反射板 29 で発

生した二次電子 123 が二次電子検出部 103 に透過することを防止することができる。

静電偏向電極 101a と 101b が生成する偏向電界によってメッシュ状の静電偏向電極 101b を通過した二次電子 102 は正の 10 kV 5 高電圧が印加されたシンチレータ 43 に吸引され、シンチレータ 43 に衝突し、光を発生する。この光をライトガイド 44 で光電子増倍管 45 に導き、電気信号に変換し、増幅する。この出力でブラウン管の輝度変調を行う（図示せず）。

一方、反射電子検出部 118 では、二次電子検出部 103 を透過した反射電子 124 を反射板 29 に衝突させて検出する。詳細には、反射電子 10 124 の衝突により反射板 29 上で新たな二次電子 123 を生成し、この二次電子 123 を静電偏向電極 31a, 31b の作る偏向電界により偏向し、メッシュ状の静電偏向電極 31b を通過させる。これ以降の処理は先に述べた二次電子検出部 103 の処理と同じである。

15

#### （実施例 10）

電子顕微鏡による観察において試料が帶電すると、試料から放出される二次電子や反射電子の軌道が変化し、走査形電子顕微鏡像に異常コントラストが発生したり、ひどい歪みを生じるようになる。

20 これまで説明してきたリターディング法は、一次電子線のエネルギーを低く抑えることで帶電を抑制する技術であるが、低加速とは言え或る程度のエネルギーを持つ一次電子線を照射していることに変わりはなく、試料が帶電してしまうという問題がある。

本実施例装置はこの問題を解決して、試料の帶電による像障害を解消し 25 得る走査形電子顕微鏡である。

本実施例の走査形電子顕微鏡は、試料の帶電を相殺するような電圧を試料に印加する機能を備えている。その具体的手段を以下に説明する。なお

、本発明の理解を助けるために、本実施例の原理を適用しない走査形電子顕微鏡の構成と比較して説明する。

走査形電子顕微鏡の観察対象を半導体の試料とする。シリコンウエハの上に絶縁膜を作り、この上にさらにレジストあるいはシリコン酸化膜のパターンを低加速の走査形電子顕微鏡で観察すると試料表面に帯電が起こる。この帯電は時間的に変動するものでなく、加速電圧等に依存するある一定の正電圧に安定することが、発明者の実験により確認できた。但し、幾らの値で安定するかは不明である。

例えば、シリコンウエハ上に作られたレジストパターンでは数V程度であるが、シリコンウエハの上にシリコンの酸化膜が形成され、この上にレジストパターンが作られるような場合には、10Vを超えるような帯電が発生する。後者のような帯電が起こる試料を、図1の装置で観察した場合に、第1検出器34に信号が得られなくなったり、あるいは減少したりする場合がある。この帯電現象によって起こる問題は、信号が減少することばかりでなく、走査像の倍率も変化することである。半導体プロセスでは、半導体ウエハ内に作られたパターンの寸法を正確に測ることが必要で、帯電によって起こる寸法誤差を無視することはできない。

図13を用いてこの問題をより具体的に説明する。この図では、説明に必要な試料12の部分と第1検出器34の部分のみを記述しており、図1と同じ構成については説明を省略する。

試料12はシリコンウエハ61の上に作られた絶縁物のパターン62である。この絶縁物のパターン62は一次電子ビーム7の照射により正に帯電する。この帯電の大きさ(電圧値)は一次電子ビーム7に試料12への入射エネルギー等に依存する。

第1検出器34の入口には、リターディング電圧13の電圧が印加されたグリッド55が設けられている。このためリターディング電圧53と同電位の試料12から放出された二次電子50は第1検出器34に入るこ

とができるが、図 13 のように正に帯電した二次電子 50 は、図に示すように、第 1 検出器 34 に入ることができずに戻されてしまうことになる。

図 14 は、この問題を解決するための本発明実施例装置の概要を説明する図である。図 1 との違いは試料とリターディング電圧 53 との間に表面 5 補正電圧電源 124（可変電圧印加手段）が設置されていることである。

図 15 に開示されているように、試料 12 とリターディング電圧電源 53 との間に設けられる表面補正電圧電源 63 によって、試料の帯電を打ち消すような電圧を印加し、適正な試料像が得られるようにこの電圧を調節すると良い。

10 この調節は図示しない試料像表示装置（CRT 等）を観察しつつ、操作者が手動で行うと良い。試料像のみを観察しただけでは、どの程度試料が帯電しているかの判断が難しいが、形成される試料像は検出器で得られる二次電子の量に依存して、像コントラストが変化するので、適当な調節により一番良い状態の試料像が得られる表面補正電圧を選択すれば良い。

15 なお、絶縁膜に覆われた試料 12 を観察する場合、試料 12 に帯電が起こり、第 1 検出器 34 では、信号が検出できないことがある。第 2 検出器 35 は反射電子を検出しているので、試料の帯電に関係なく観察できる。よって、観察場所等の確認は第 2 検出器 35 で行うと良い。

## 20 (実施例 11)

つぎに表面補正電圧 124 を設定するための他の例を説明する。まず第 1 検出器 34 の二次電子増倍管 45 の出力をモニターしながら表面補正電圧 124 を徐々に上げて行く。ここで、二次電子増倍管に与える増倍電圧は、正常に観察されていたときの電圧値を与えておく。

25 図 16 はこの操作により得られた表面補正電圧 124 と二次電子増倍管出力の関係である。試料 12 の帯電電圧と等しい表面補正電圧 124 のときに最も大きな出力が得られる（矢印 A）。実際の装置では、このグラ

フを制御計算機のメモリー内に格納し、最大値になる（矢印 A）表面補正電圧に設定する。一般には、この設定操作は試料 1 2 を交換した後に一回だけ実施すれば良く、同じウェハを観察しているかぎり再設定する必要はない。ただし、加速電圧や一次電子ビームの強度を変えた場合は、再設定 5 が必要になる。

この設定では、二次電子増倍管に与える増倍電圧を、正常に観察されていたときの電圧値としたが、試料の観察には、この電圧をマニュアルまたは自動回路により最適の明るさとコントラストで観察できる感度に調節する。

10 なお、表面補正電圧電源を調節するために、二次電子増倍管 4 5 の出力によって上下するレベルゲージ等を設けておくと良い。操作者はこのレベルゲージを確認しながら表面補正電圧電源を調節することで、適当な表面補正電圧の選択が可能になる。

15 図 1 7 は前述した二次電子増倍管に与える増倍電圧を自動調整する回路である。

この回路では、出力 1 2 5 の平均値（明るさ）と像内の振幅（走査像のコントラスト）が予め決められた値になるように直流電圧の加減と増倍電圧の調整が行われる。二次電子増倍管 4 5 の出力はブリアンプ 1 2 6 で増幅され、メインアンプ 1 2 7 に入力される。メインアンプ 1 2 7 の出力 1 2 20 5 の振幅は振幅検知回路 1 2 8 で検知し、設定値になるように増幅電圧 1 2 9 を制御する、また信号の平均値は平均値検出回路 1 3 0 で検出し、メインアンプ 1 2 7 の直流調整回路 1 3 1 により制御する。

明るさと振幅の設定値には、幾つかの選択肢があることは言うまでもない。この回路では、二次電子の入力がない場合は増倍電圧は最大値（電源 25 設計のリミット）になる。この回路では、二次電子入力が大きくなると低くなるように働く。

図 1 8 は、図 1 7 の回路を図 1 4 の第 2 検出器 3 5 に用い、表面補正電

圧 1 2 4 と増幅電圧 1 2 9 の関係を示したものである。矢印の表面補正電圧 1 2 4 で増倍電圧 1 2 9 が最小になり、二次電子入力の最大を示している。この方式では、調整電圧の決定と明るさとコントラストの調整が一度で実施される利点がある。

5 すでに述べた通り、調整電圧の決定は単に二次電子を高効率で検出するために必要なだけでなく、試料への入射エネルギー（加速電圧）を正しく決定し、倍率を決定する上でも必要である。

走査電子顕微鏡は、半導体にプロセスで加工部分の寸法測定に用いられている。この測定では、1 % 以下の精度が要求される。前述の例のように 10 、 2 kV の一次電子ビームが 1.2 kV のリターディング電圧を受け、 800 V で試料に入射するとする。こので試料の表面に 30 V の帶電が起こったとする。この時の倍率の変化は 3.7 % になり、問題となる。本発明の方式を採用すると 5 V 以下の精度で最適値を選択することができるため、 1 % (0.6) 以下の倍率変化に押さえることが可能になる。

15

#### (実施例 1 2 )

なおリターディングは、図 5 に示す例では、試料が配置されるホルダ 100 と、制御電極 27 にリターディング電圧を印加することによって行われる。このように構成することによって、ホルダ 100 と制御電極 27 の 20 間にはリターディング電圧と同じ電位領域が形成されるため、その間に配置される試料 12 にリターディング電圧を印加した場合と同じ状態にすることができる。

この手法は、例えば試料 12 の表面が絶縁層に覆われているような場合に、試料にリターディング電圧を印加し得るものとして有効である。また 25 試料が絶縁層に覆われていないような場合は、ホルダ 100 の試料配置面に負電圧が印加できるようにすれば良い。また他にも以下に示すような減速電界形成手段が存在する。

図19は、その1例を示す図である。この例では上磁極132、下磁極133に分割された対物レンズを採用し、下磁極133に試料12とともに、負電圧（図示せず）を印加することで減速電界を形成している。この下磁極133は、図5の例で説明した制御電極27と同等の作用を持つ。

5 図20は、減速電界形成手段の更に他の例を示す図である。この例の場合、正電圧が印加された加速円筒9と、試料12との間に減速電界を形成し、当該減速電界（二次信号に対しては加速電界）で加速された二次信号を接地電位領域135で減速させる。この際、2次電子は、接地電位領域135で殆どエネルギーを失う。このエネルギーを失った2次電子を偏向電界10 形成手段（図示せず）で、一次電子線の軸外に導いて検出することで、2次電子を選択的に検出することができる。

以上、本発明の実施例は走査形電子顕微鏡として説明したが、本発明は電子線を照射して試料を観察する装置全般に適用可能であり、特に半導体デバイス上に形成されたパターンの幅を測長する測長SEMや、繰り返し15 パターンを相互比較して、パターンの加工不良などを検査するSEMにも適用できる。

## 請求の範囲

1. 電子源と、該電子源から放出される一次電子線を収束するための収束レンズと、該収束レンズによって収束された一次電子線の試料に対する照射に起因して発生する電子を検出するための検出器と、前記試料に照射される一次電子線を減速するための第1の減速手段と、前記試料から発生した電子を減速する第2の減速手段と、当該第2の減速手段で減速された電子を前記検出器に偏向する偏向器を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。
- 10 2. 請求項1において、前記第1の減速手段は、前記試料及び／又は試料を配置するための試料台に、負電圧を印加する手段を含むことを特徴とする走査形電子顕微鏡。
- 15 3. 請求項2において、前記偏向器は少なくとも2枚の電極からなり、当該2枚の電極には前記電子を前記検出器に偏向するための偏向電圧と、前記負電圧、及び／又は前記電子源と前記試料の間に減速電界領域を形成するための電圧を印加するための電源を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。
- 20 4. 請求項2において、前記第2の減速手段は、前記偏向器を包囲する電極と、当該電極に前記負電圧、及び／又は前記電子源と前記試料の間に減速電界領域を形成するための電圧を印加するための電源を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。
- 25 5. 請求項2において、前記試料に印加される負の電圧は、前記電子を前記検出器へ偏向する偏向器に印加されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。
6. 請求項2において、前記偏向器と前記試料との間には、接地電位が印加される電極が配置されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。
7. 請求項6において、前記接地電位が印加される電極と、前記偏向電極

の間には、接地電位と前記負の電圧の間の電圧が印加される中間電極が配置されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

8. 請求項 1において、前記偏向器は少なくとも 2 枚の電極からなり、当該 2 枚の電極間の間隔が前記電子源に向かって狭くなるように、或いは前 5 記 2 枚の電極が形成する筒状体の内径が細くなるように形成されていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

9. 請求項 1において、前記検出器は電子を光に変換するシンチレータを有し、当該シンチレータと前記一次電子線の光軸の間には前記偏向器を形成するメッシュ状の電極が配置され、当該メッシュ状の電極と前記シンチ 10 レータの間には、メッシュ状の静電偏向電極を透過した電子を前記シンチ レータ方向に収束させる電極が設けられていることを特徴とする走査形 電子顕微鏡。

10. 請求項 1において、前記検出器より電子源側に第 2 の検出器を備えることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

15 11. 請求項 10において、前記第 2 の検出器は、電子源側に一次電子ビームを通過させる開口を有する導電性の反射板と、当該反射板に対する電子の衝突によって発生する二次電子を軸外に偏向させて検出する偏向電極を備えていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

12. 請求項 11において、前記第 2 の検出器より電子源側に、前記一次 20 電子線を減速させるバトラー形の電極を備えたことを特徴とする走査形 電子顕微鏡。

13. 請求項 10において、前記第 2 の検出器は、軸外に配置されると共に、前記試料に対抗する検出面を有するチャンネルプレートを含むことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

25 14. 請求項 1において、前記第 1 の減速手段、及び／又は第 2 の減速手段の減速強度を調節する手段を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

15. 請求項 1において、前記試料及び／又は試料を配置するための試料台に、電圧を印加する可変電圧印加手段を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

16. 請求項 15において、前記第 1 の減速手段は、前記試料及び／又は試料を配置するための試料台に、負電圧を印加する手段を備え、当該手段かた与えられる負電圧は、前記可変電圧印加手段を介して前記試料、及び／又は試料を配置するための試料台に与えられることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

17. 請求項 1において、試料表面から放出された二次電子のエネルギーを検知する手段と、試料に表面補正電圧を印加する手段を備え、二次電子のエネルギーから試料の表面電圧を算出し、該算出表面電圧と同値で極性の異なる表面補正電圧を試料に印加する手段を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

18. 請求項 1において、試料表面から放出された二次電子のエネルギーを検知する手段と、試料に表面補正電圧を印加する手段を備え、試料へ印加する表面補正電圧を予め決められた一定の範囲を走査し、印加する表面補正電圧と二次電子のエネルギーの関係を求め、予め決められた二次電子エネルギー値になる試料の表面補正電圧に設定する手段を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

19. 請求項 1において、前記検出器をエネルギー検知手段として用いることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

20. 請求項 1において、前記第 2 の減速手段は、前記一次電子線を包囲する電極と、当該電極に負電圧を印加する電源を備えていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

21. 請求項 20において、前記一次電子線を包囲する電極は少なくとも 2 つの電極から構成され、当該電極には前記電子を前記検出器に偏向するための電圧を備えていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

22. 請求項 20 において、前記一次電子線を包囲する電極は、前記偏向器を包囲するように配置されていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

23. 請求項 20 において、前記一次電子線を包囲する電極は、前記電子源側、或いは試料側の少なくとも一方にメッシュを備えていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

24. 請求項 1 において、前記第 1 の減速手段は、少なくとも対物レンズの電子線通過口を包囲する円筒体を有し、当該円筒体には正の電圧が印加されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

25. 請求項 1 において、前記第 1 の減速手段は、対物レンズの上磁極を下磁極に対し電気的に絶縁したものを含み、前記上磁極には正の電圧が印加されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

26. 請求項 1 において、前記偏向器は、前記検出器の方へ電子を偏向する偏向電界を形成する電極と、該偏向電界に直交する磁界を発生する磁界発生手段を備え、前記電界による一次電子ビームの偏向を前記磁界によつて打消すように調節されていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

27. 電子源と、該電子源から放出される一次電子線を収束するための収束レンズと、前記一次電子線の軸外に配置され、一次電子線の試料に対する照射に起因して発生する電子を検出するための検出器と、当該一次電子線の軸外に配置された検出器に前記電子を偏向する偏向器と、前記試料を載置するための試料台と、当該試料台、及び／又は前記試料に負電圧を印加する負電圧印加電源と、前記電子源と前記試料との間に配置されると共に、前記一次電子線の光軸を含む領域に負電界領域を形成するための電極を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

28. 電子源と、該電子源から放出される一次電子線を収束するための収束レンズと、試料を載置するための試料台を備えた走査形電子顕微鏡において、前記試料に照射される一次電子線を減速する第 1 の減速手段と、前

記試料から発生した電子を減速する第2の減速手段と、当該第2の減速手段によって減速された前記二次信号を偏向するための偏向器と、当該偏向器によって偏向された電子を検出する第1の検出器と、前記第2の減速手段より前記電子源側に配置される第2の検出器を備えたことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

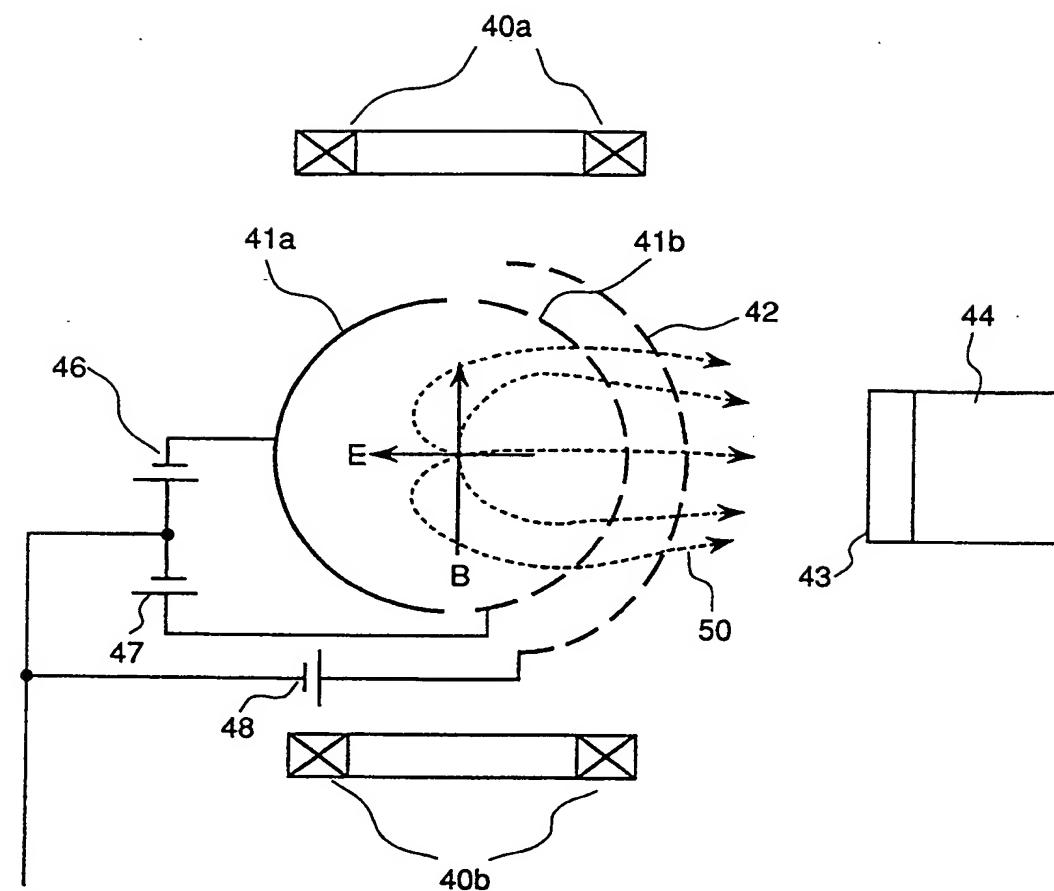
29. 電子源と、当該電子源より放出される一次電子線を収束する収束レンズと、試料に対する前記一次電子線の照射に起因して発生する電子を検出する検出器と、当該検出器に前記電子を偏向する偏向器を備えた走査形電子顕微鏡において、前記偏向器は前記試料方向に向かって広く開放され10 るように形成された少なくとも2つの電極を含むことを特徴とする走査形電子顕微鏡。

30. 電子源と、当該電子源から放出された一次電子線を収束するための収束レンズと、試料を載置するための試料台と、前記一次電子線の軸外に配置され、一次電子線の照射に起因して発生する電子を検出する検出器と15 、当該検出器に前記電子を偏向するための偏向器と、前記電子源と前記試料との間に配置されると共に、前記一次電子線の光軸を含む領域に負電界領域を形成するための電極と、前記試料台及び／又は前記試料と、前記電極に負電圧を印加するための負電圧印加電源と、前記試料台及び／又は前記試料に印加される前記負電圧を制御する制御手段を備えたことを特徴20 とする走査形電子顕微鏡。



2 / 16

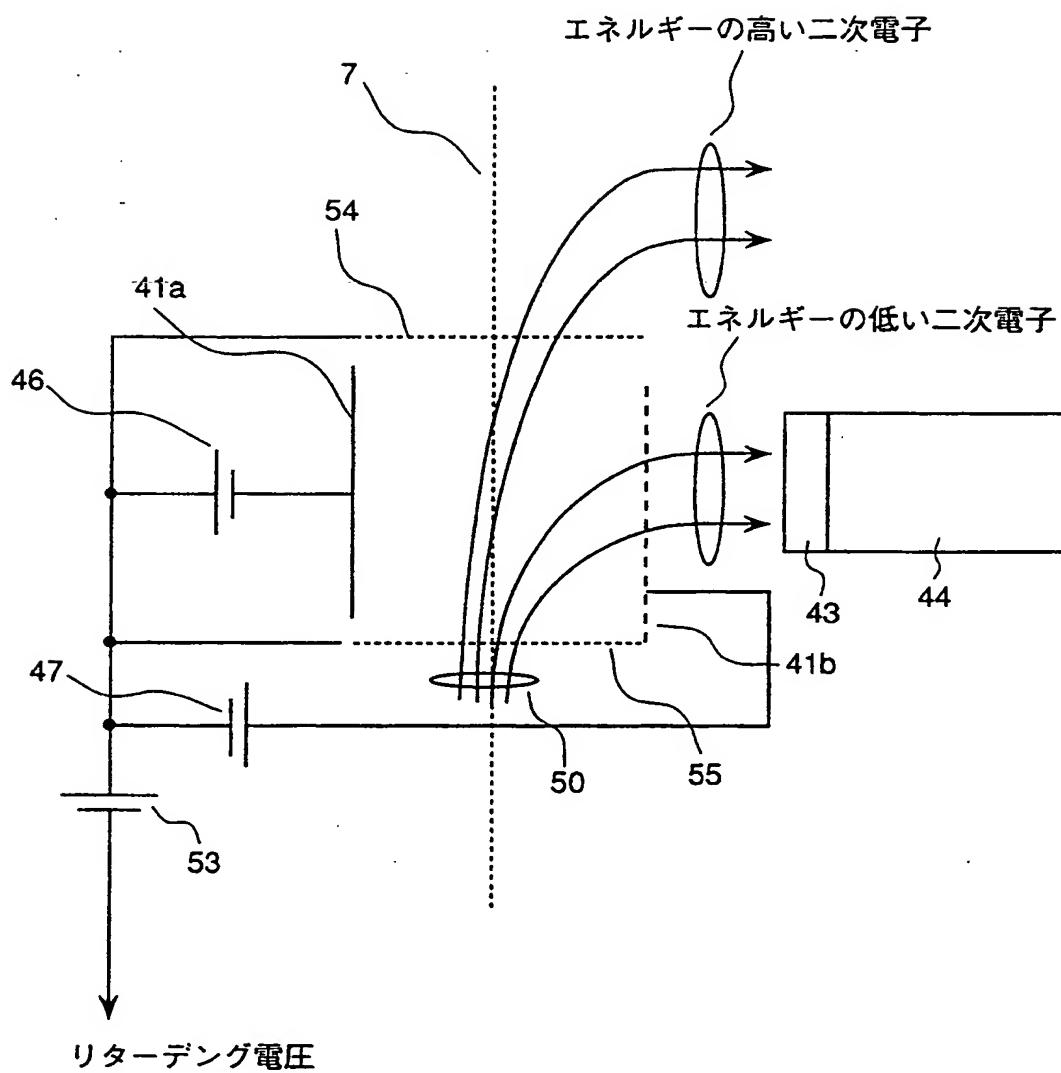
図 2



試料へ

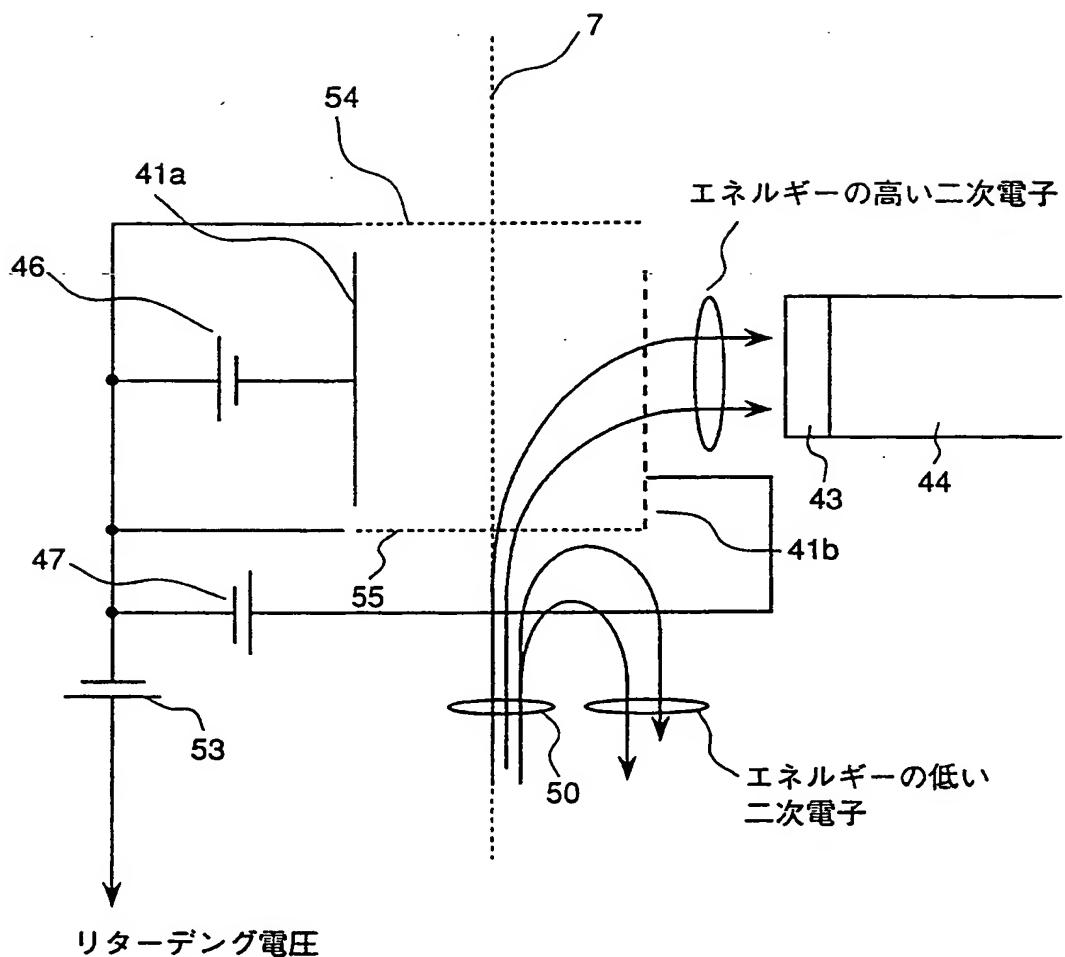
3 / 16

図 3



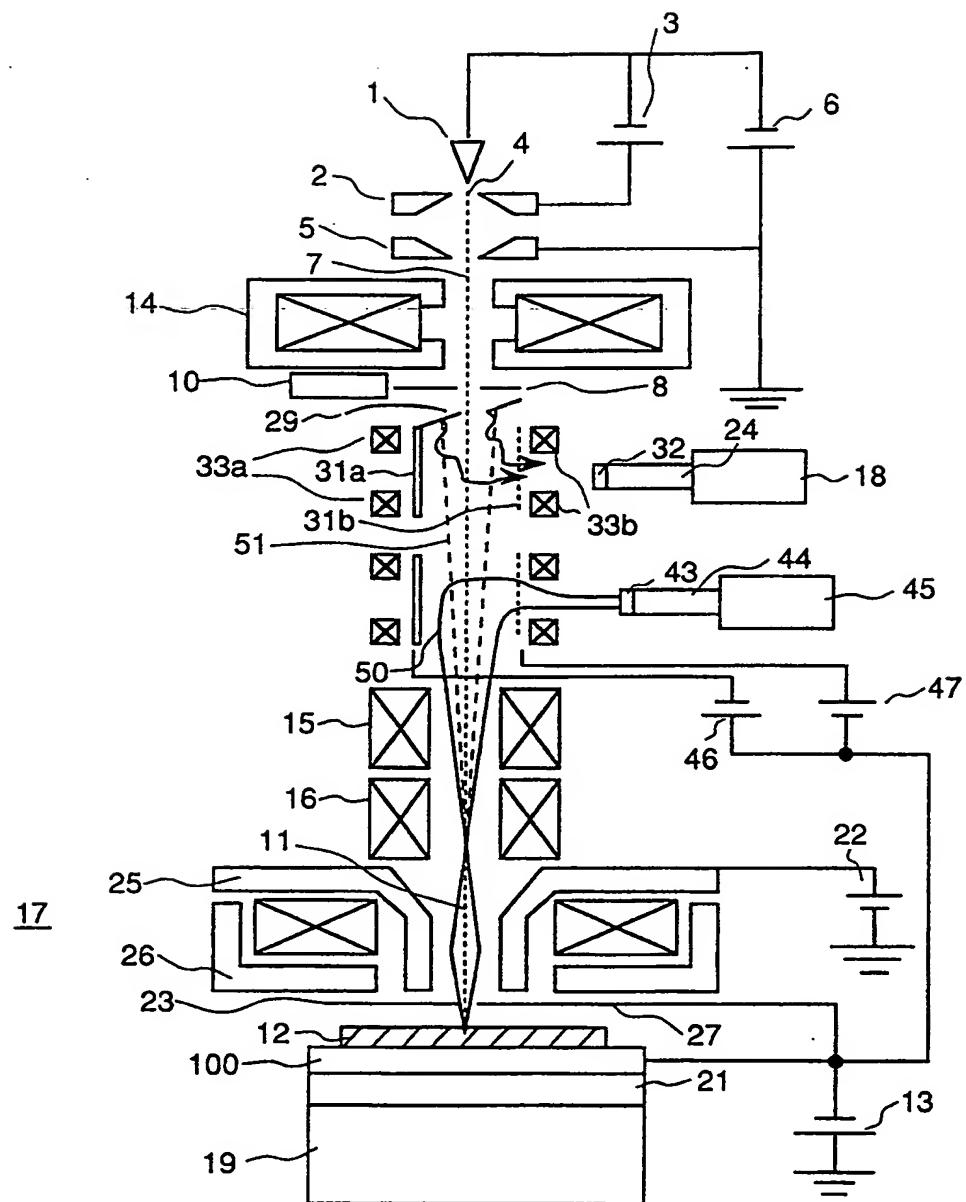
4 / 16

四



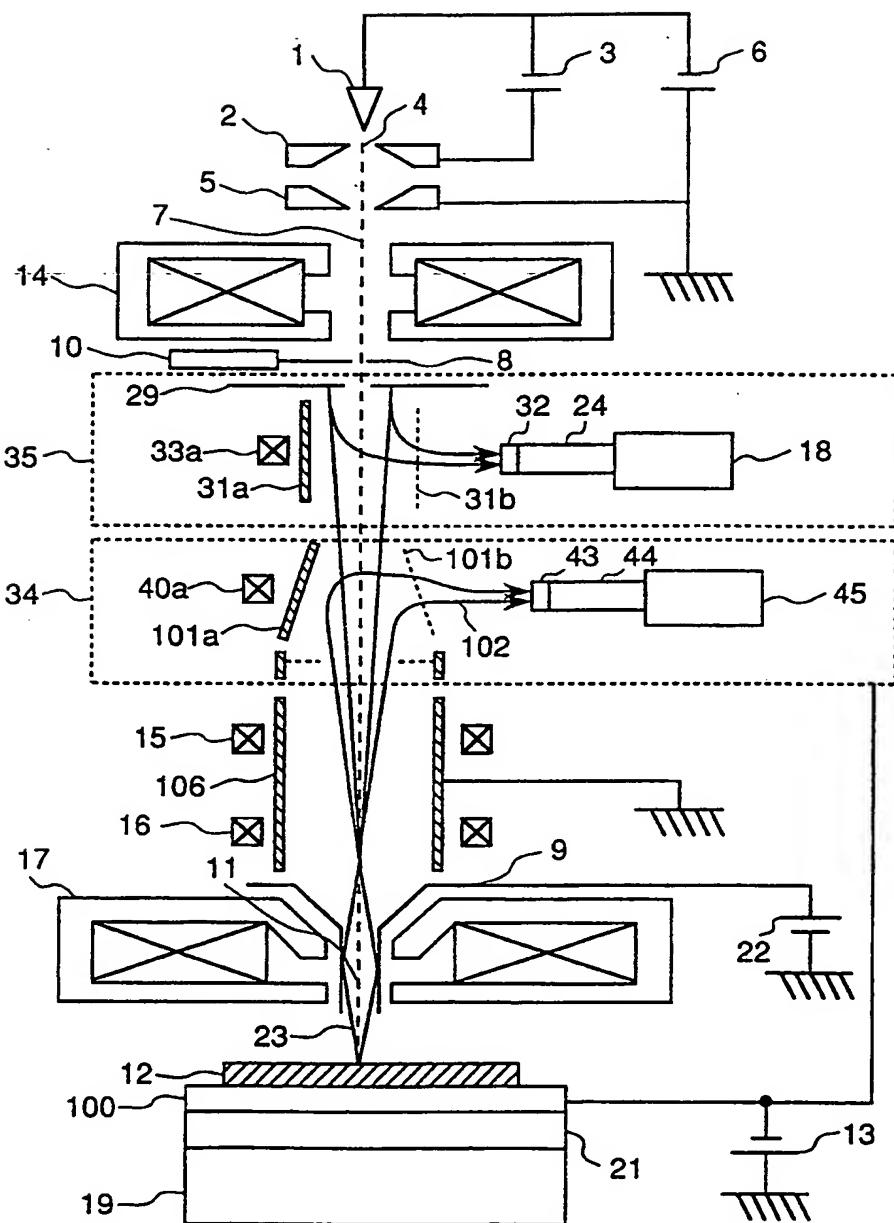
5 / 16

図 5



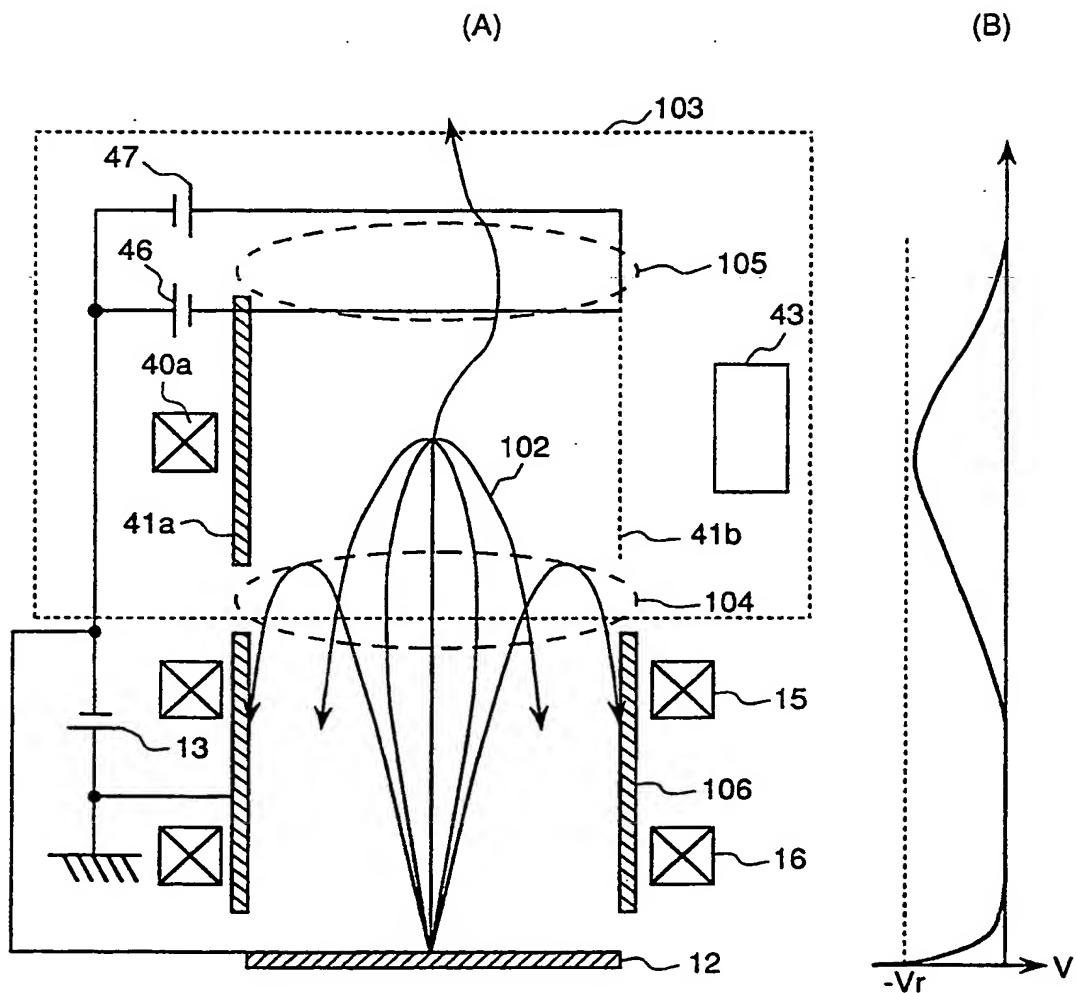
6 / 16

☒ 6



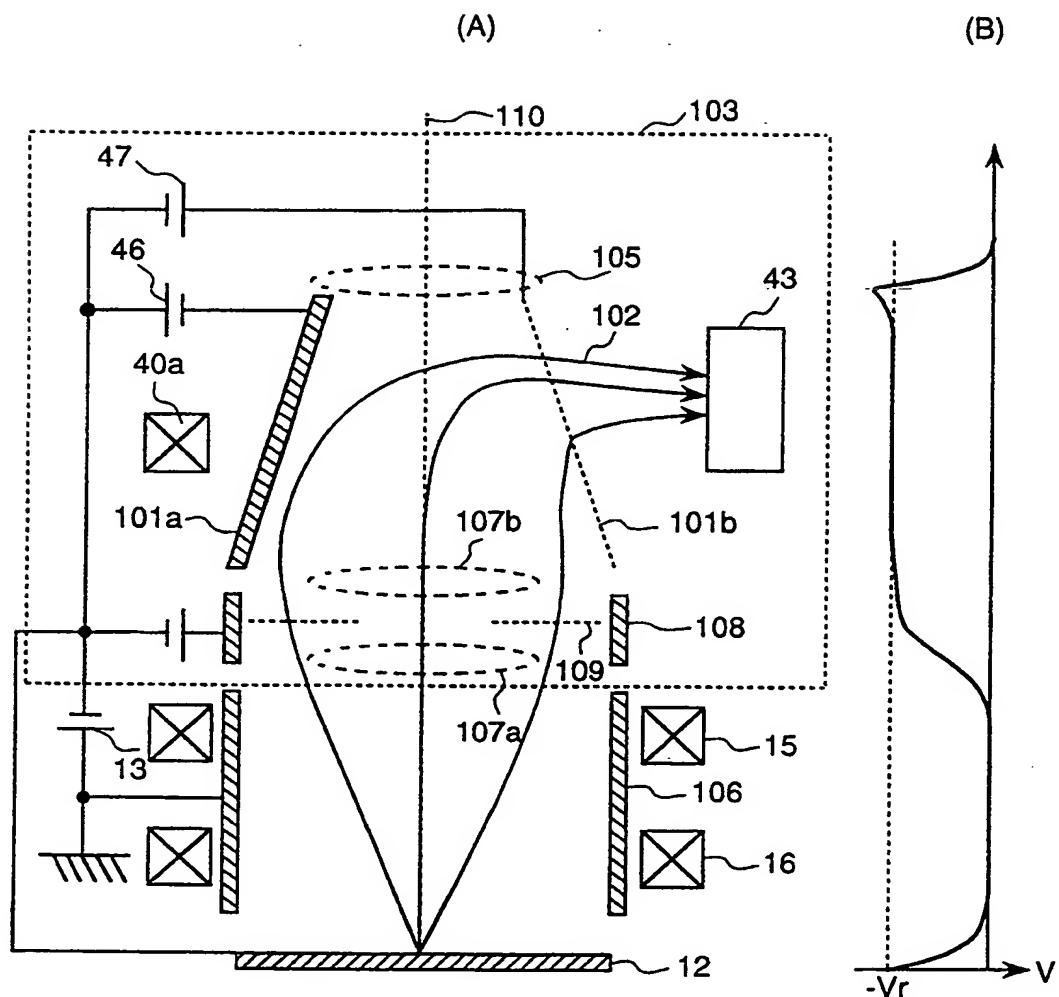
7 / 16

図 7



8 / 16

図 8



9 / 16

図 9

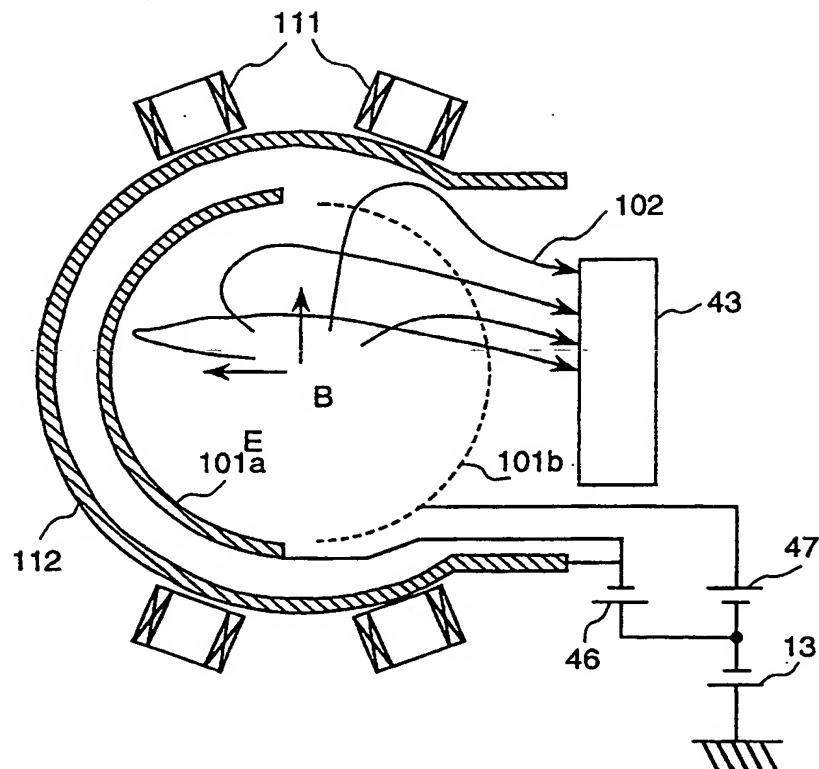
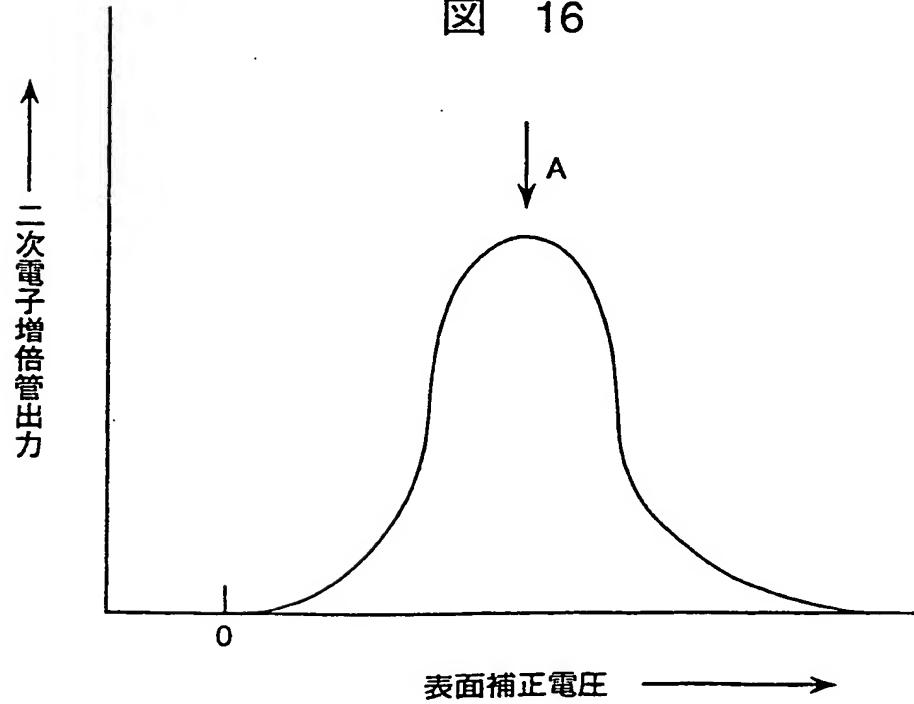


図 16



10 / 16

図 10

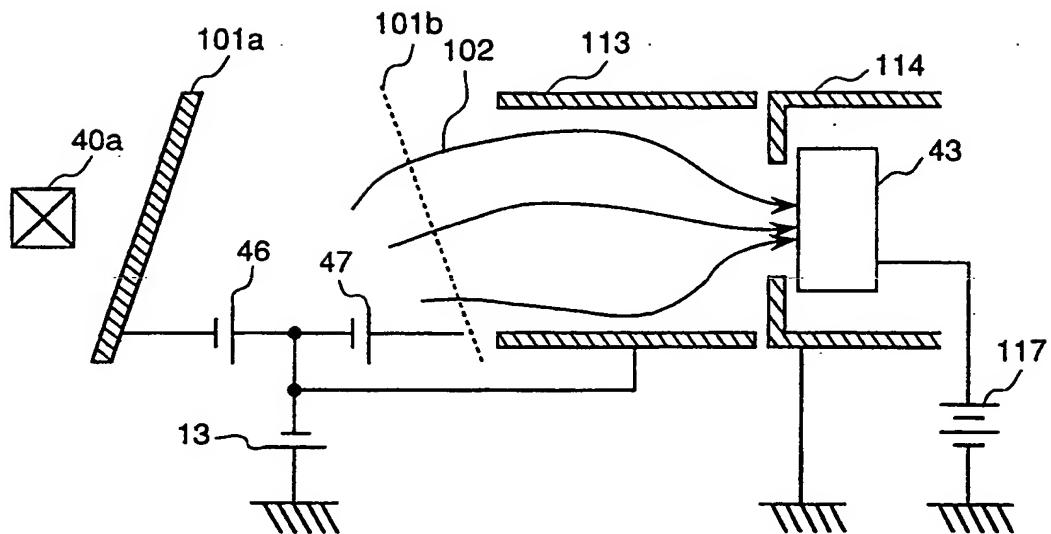
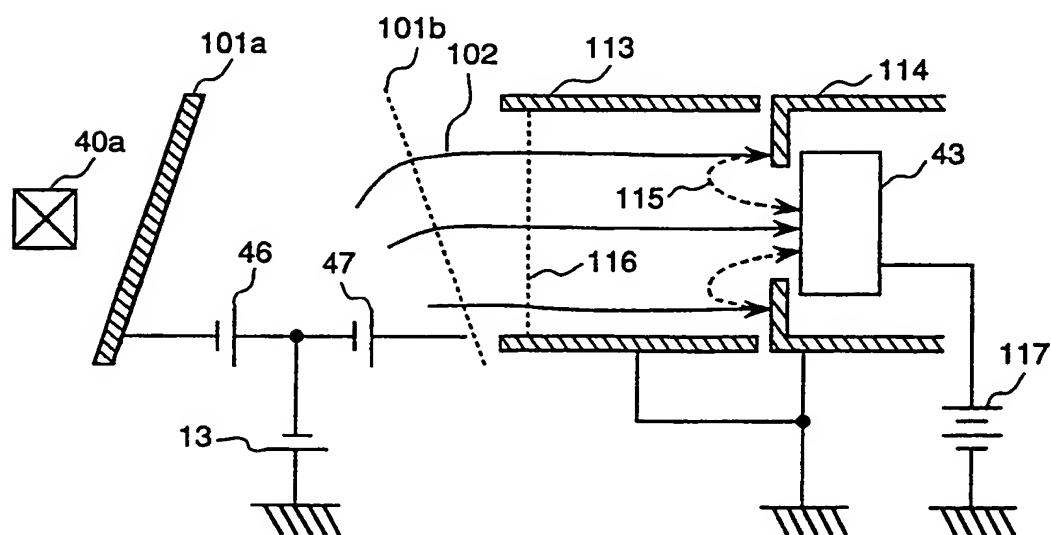
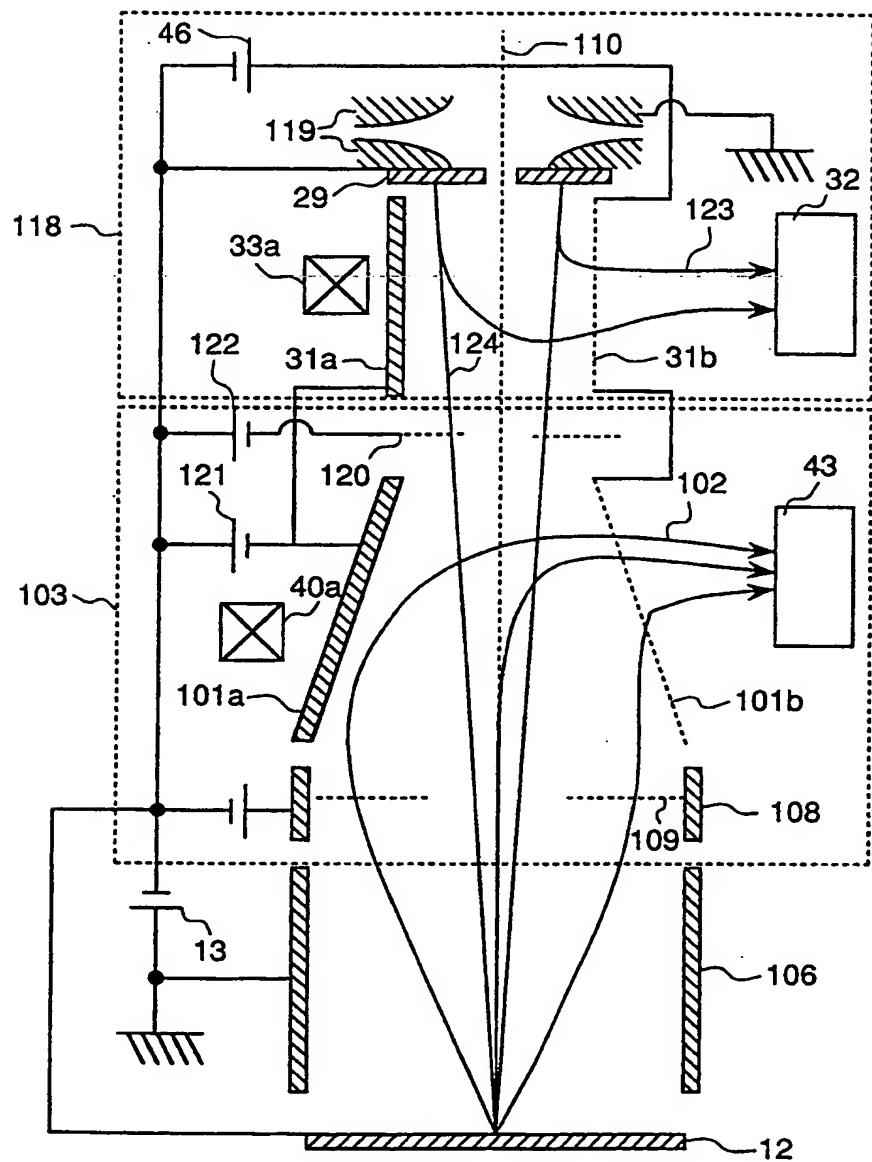


図 11



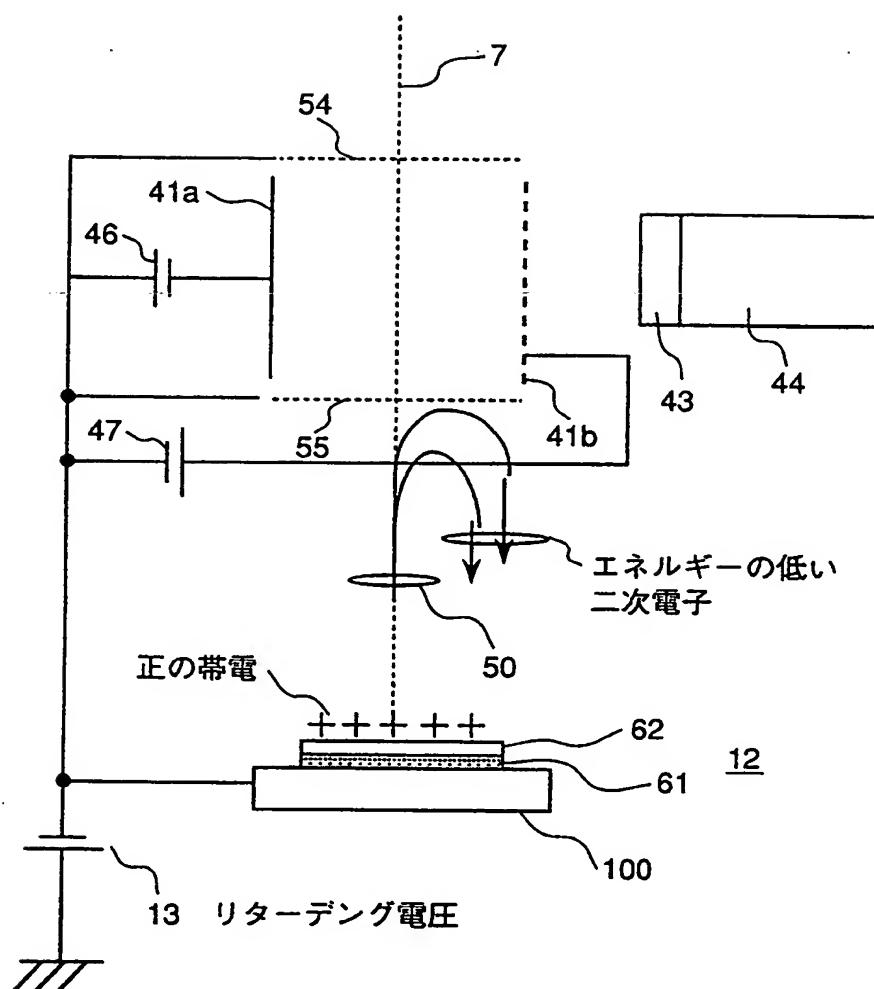
11 / 16

図 12



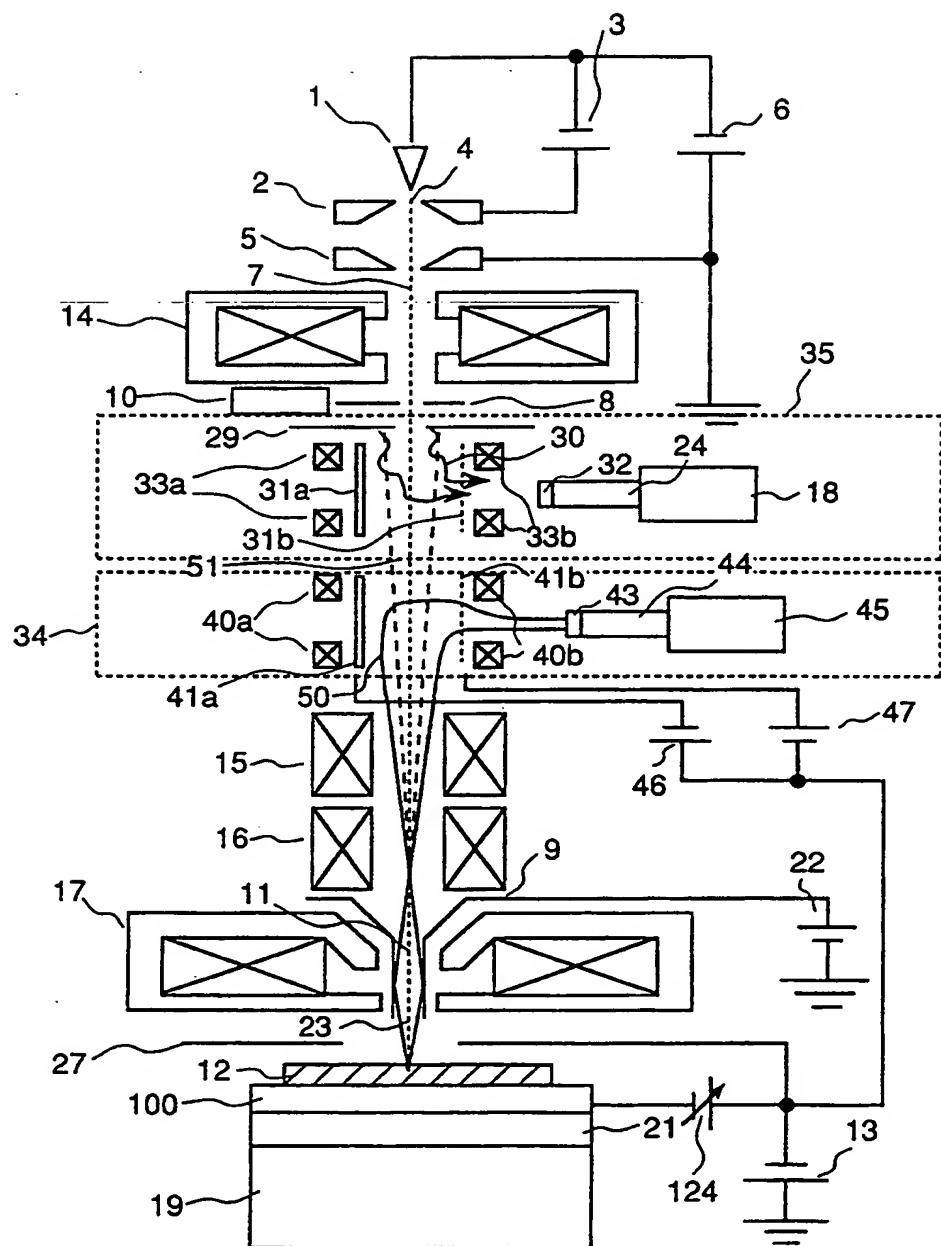
12 / 16

図 13



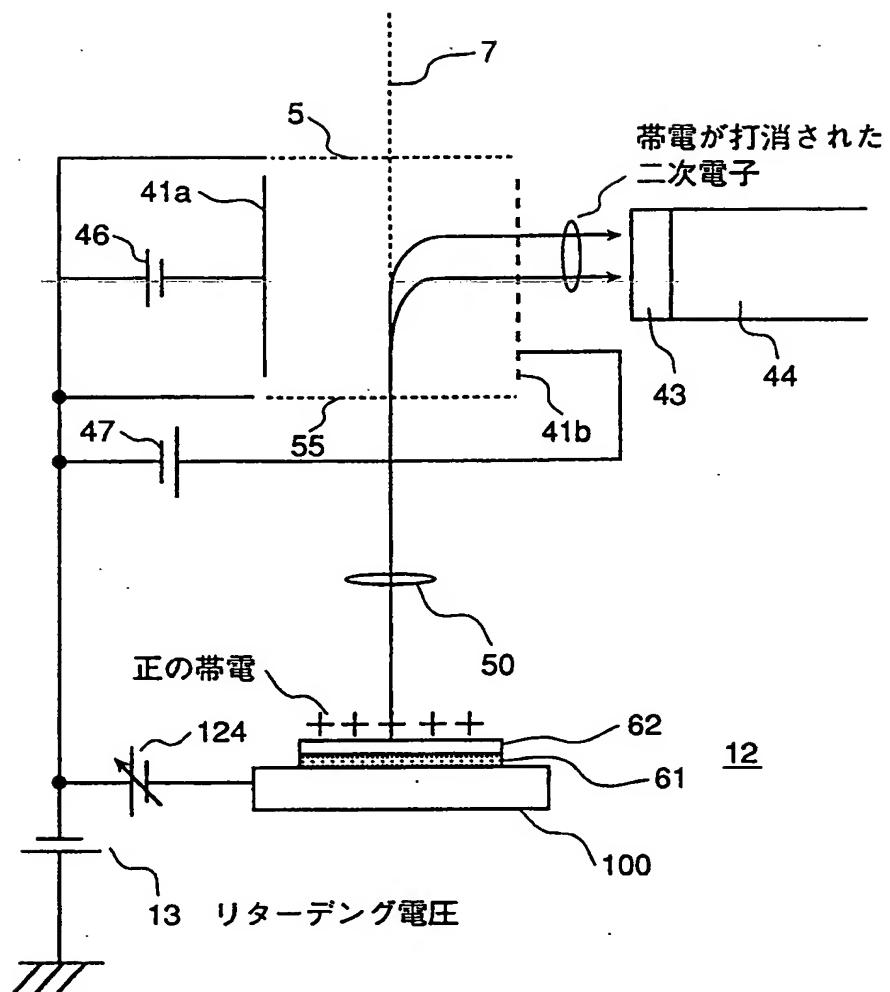
13 / 16

四 14



14 / 16

図 15



15 / 16

図 17

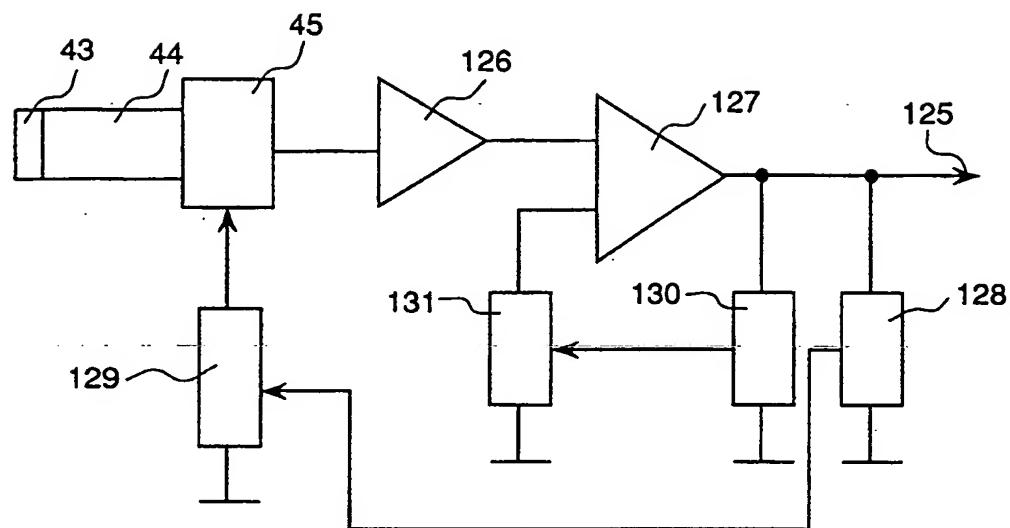
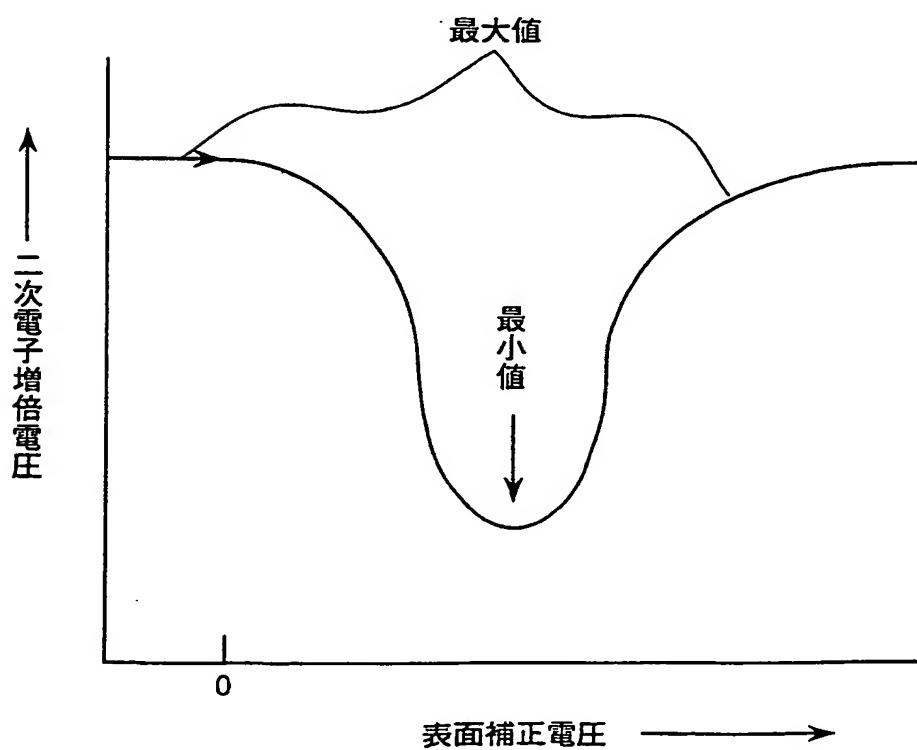


図 18



16 / 16

図 19

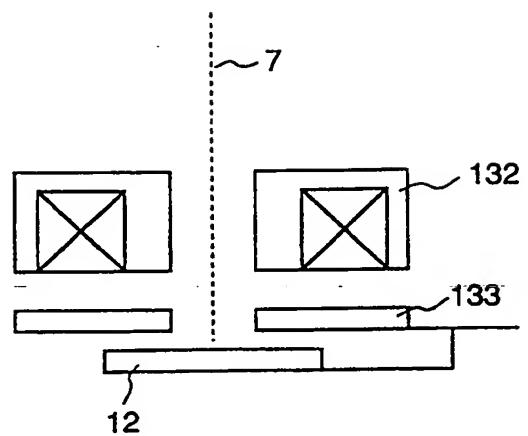
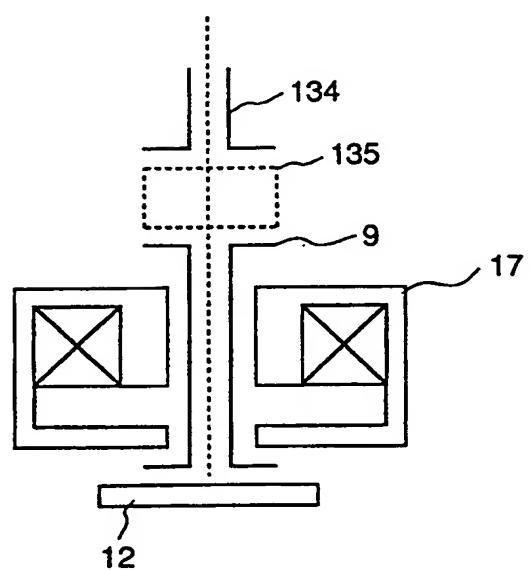


図 20



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP99/00990

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>6</sup> H01J37/28, H01J37/244

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> H01J37/28, H01J37/244

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP, 9-171791, A (Hitachi,Ltd.), 30 June, 1997 (30. 06. 97), Full text ; Figs. 1, 8, 9 Full text ; Figs. 1 to 16 & EP, 769799, A & KR, 97022392, A & US, 5872358, A	27, 30 1-26, 28, 29
X A	JP, 5-266855, A (Hitachi,Ltd.), 15 October, 1993 (15. 10. 93), Full text ; Figs. 1, 4 to 8 Full text ; Figs. 1 to 9 & EP, 561584, A & US, 5424541, A	27 1-26, 28-30
X A	JP, 61-220259, A (Fujitsu Ltd.), 30 September, 1986 (30. 09. 86), Full text ; Fig. 2 Full text ; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1 2-30

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier document but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 14 May, 1999 (14. 05. 99)	Date of mailing of the international search report 25 May, 1999 (25. 05. 99)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Faxsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/00990

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 6-139985, A (Hitachi,Ltd.), 20 May, 1994 (20. 05. 94), Full text ; Figs. 1 to 9 & EP, 594084, A & US, 5389787, A & JP, 10074478, A	1-30
A	JP, 7-192679, A (Hitachi,Ltd.), 28 July, 1995 (28. 07. 95), Full text ; Figs. 1 to 7 & EP, 661727, A & US, 5608218, A & JP, 10208683, A	1-30
A	JP, 60-146439, A (Hitachi,Ltd.), 2 August, 1985 (02. 08. 85), Full text ; Fig. 2 (Family: none)	29

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP99/00990

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1° H01J 37/28, H01J 37/244

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1° H01J 37/28, H01J 37/244

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年  
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年  
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	J P, 9-171791, A (株式会社日立製作所) 30. 6月. 1997 (30. 06. 97) 全文, 第1, 8, 9図 全文, 第1-16図 & EP, 769799, A & KR, 97022392, A & US, 5872358, A	27, 30 1-26, 28, 29
X A	J P, 5-266855, A (株式会社日立製作所) 15. 10月. 1993 (15. 10. 93) 全文, 第1, 4-8図 全文, 第1-9図 & EP, 561584, A & US, 5424541, A	27 1-26, 28-30

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 14. 05. 99	国際調査報告の発送日 25.05.99
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 堀部 修平 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3225 2G 9215

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X A	J P, 61-220259, A (富士通株式会社) 30. 9月. 1986 (30. 09. 86) 全文, 第2図 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1 2-30
A	J P, 6-139985, A (株式会社日立製作所) 20. 5月. 1994 (20. 05. 94) 全文, 第1-9図 & EP, 594084, A & US, 5389787, A & JP, 10074478, A	1-30
A	J P, 7-192679, A (株式会社日立製作所) 28. 7月. 1995 (28. 07. 95) 全文, 第1-7図 & EP, 661727, A & US, 5608218, A & JP, 10208683, A	1-30
A	J P, 60-146439, A (株式会社日立製作所) 2. 8月. 1985 (02. 08. 85) 全文, 第2図 (ファミリーなし)	29